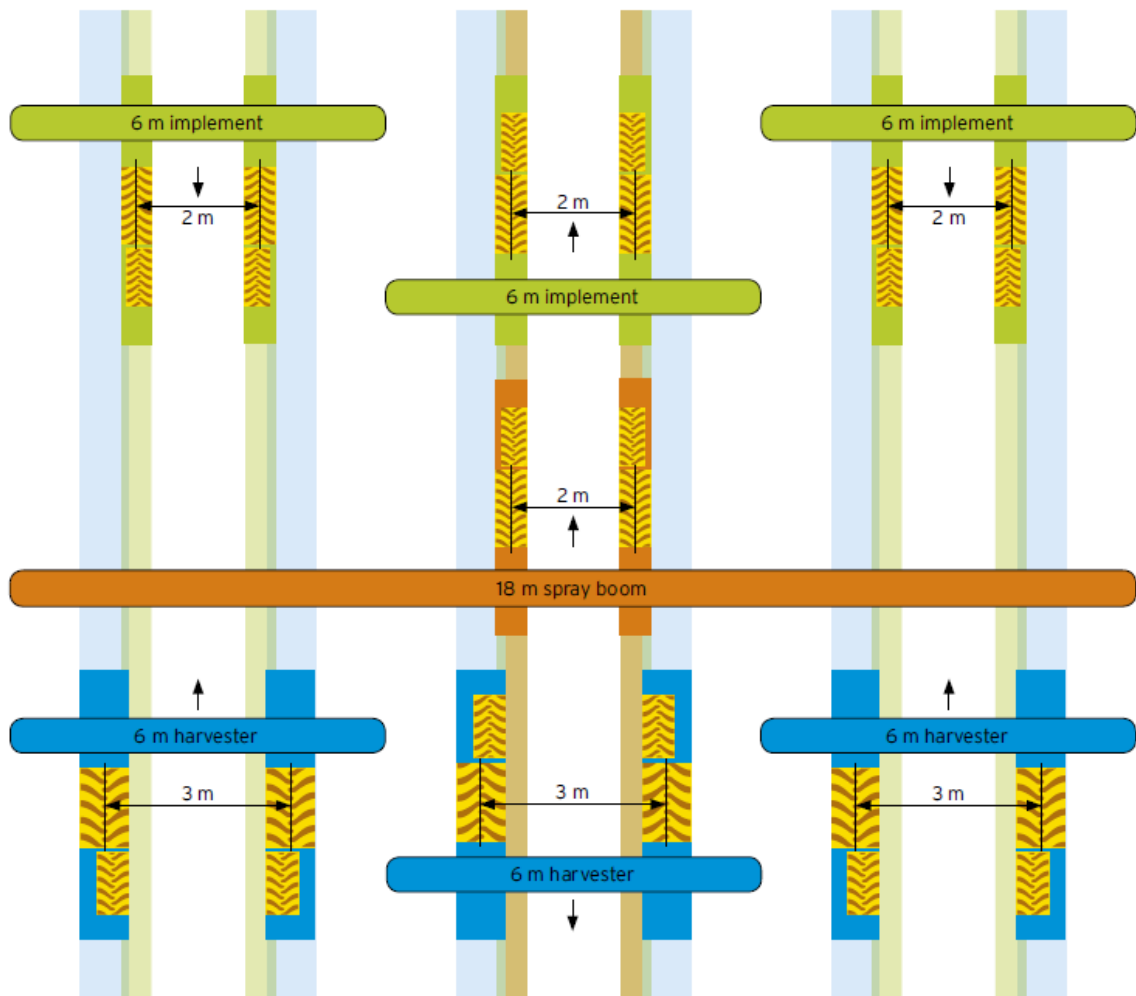


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος



Εργασία με τίτλο: «Ελεγχόμενη κυκλοφορία στον αγρό»

Ντάκος Γιώργος

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελεγχόμενη κυκλοφορία στον αγρό (controlled traffic farming (CTF)) είναι ένα εργαλείο το οποίο αποσκοπεί στην μείωση της καταστροφής του εδάφους που προκαλείτε από τα επαναλαμβανόμενα περάσματα των γεωργικών μηχανημάτων. Η καταστροφή αυτή καθώς και οι επιπτώσεις της περιλαμβάνουν την αύξηση της χρήσης καυσίμων, την καταστροφή της σποροκλίνης, μείωση της παραγωγής και της απόδοσης του εδάφους, όσον αφορά την σύσταση του, την διείσδυση και την αποστράγγιση του νερού.

Η CTF περιορίζει όλες τις εργασίες που εκτελούνται με μηχανήματα σε, όσο το δυνατόν, λιγότερες και μόνιμες «λωρίδες κυκλοφορίας». Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η καταπόνηση του εδάφους τα φυτά αναπτύσσονται σε μη συμπιεσμένη σποροκλίνη και τα μηχανήματα διασχίζουν τον αγρό σε πιο σταθερό (λόγο της συμπίεσης) έδαφος.

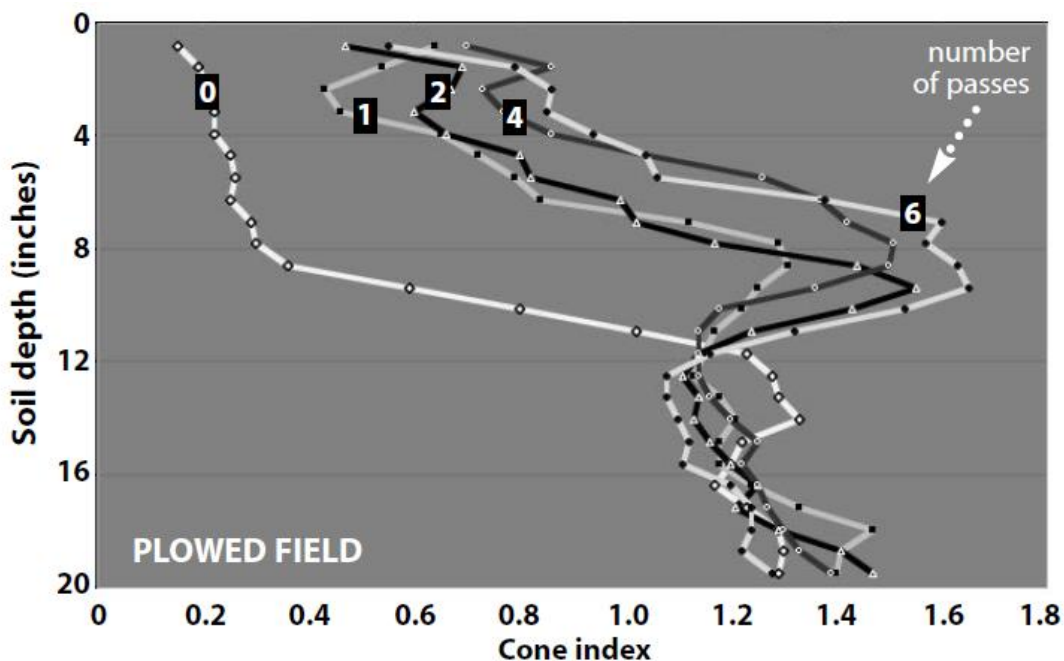
Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

1. Χαμηλότερες εισροές κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας.
2. Χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου.
3. Χαμηλότερη απαίτηση σε ενέργεια άρα μικρότεροι ελκυστήρες για την ίδια δουλειά.
4. Καλύτερη λειτουργία του εδάφους (βελτίωση πορώδους, διήθησης του νερού, μείωση διάβρωσης).
5. Βελτιώνει την εγκατάσταση του ριζικού συστήματος και την αποτελεσματικότητα της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών.
6. Αύξηση της παραγωγής υπό υγρές ή ξηρές συνθήκες.

Βέβαια εκτός των πλεονεκτημάτων της μεθόδου αυτής υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως η εξάρτηση από νέες και ακριβές τεχνολογίες (GPS ακριβείας, αυτόματη καθοδήγηση (auto-steer)) καθώς και το γεγονός ότι το πλάτος των μηχανημάτων ποικίλει (γεγονός που καθιστά δύσκολη την εγκατάσταση μίας γραμμής κυκλοφορίας για όλα τα μηχανήματα).

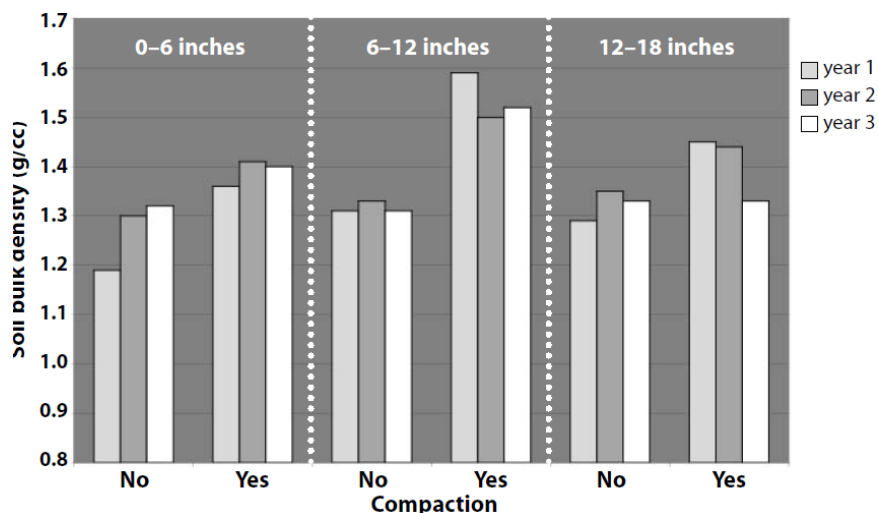
## 2. CTF και Συμπύεση εδάφους.

Η συμπύεση του εδάφους είναι ένα αναγνωρισμένο πρόβλημα καθώς, μελέτες έχουν δείξει ότι, είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων όπως το είδος του εδάφους, η περιεκτικότητα σε νερό, η πίεση που ασκείται από τα διάφορα μηχανήματα στο έδαφος, ο αριθμός των περασμάτων, οι καλλιεργητικές μέθοδοι και άλλα. Το 70 με 80% του συνολικού ποσοστού συμπύεσης σε ένα οργωμένο έδαφος, προκαλείται από το πρώτο κιόλας πέρασμα ενός μηχανήματος ενώ η περαιτέρω συμπύεση είναι συγκριτικά αμελητέα, σύμφωνα με τους Wolkowski και Lowery (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1: αποτελέσματα συμπύεσης ενός μηχανήματος 14,5 τόνων στην αντίσταση διείσδυσης

Το πρόβλημα της συμπύεσης δεν είναι όμως μόνο για τον πρώτο χρόνο η την πρώτη καλλιεργητική σεζόν, αλλά παραμένει στον αγρό για πολλά χρόνια. Ακόμα και μόνο ένα πέρασμα με ένα βαρύ μηχανήμα άνω των 10 τόνων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα για πάνω από 3 χρόνια. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2 η συμπύεση είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε βάθος 6 με 12 ίντσες και δεν υποχωρεί σημαντικά ακόμα και μετά από 3 χρόνια.

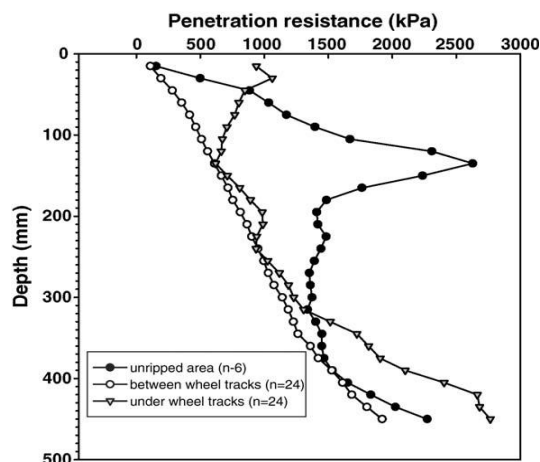


Διάγραμμα 2: αλλαγές στην πυκνότητα του εδάφους σε διάστημα 3 χρόνων μετά από ένα πέρασμα με μηχανήμα 14 τόνων

Σύμφωνα με τους Radford et al. 2007 τα αποτελέσματα της συμπίεσης του εδάφους δεν υποχωρούν πριν τα 5 χρόνια χωρίς την κατεργασία του. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι η έλλειψη κατεργασίας όπως και τα μειωμένα ποσοστά σκουληκιών στο συμπιεσμένο έδαφος, δεν συντελούν στην χαλάρωση του.

Συμπερασματικά, δεν αρκεί μόνο η αλλαγή από τις συμβατικές μεθόδους σε πιο σύγχρονες μεθόδους όπως η CTF διότι η συμπίεση που έχει υποστεί το έδαφος σε βάθος επιμένει ακόμα και μετά από την πρώτη καλλιεργητική περίοδο όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3 (Chan et al 2006).

Βλέπουμε ότι σε έδαφος το οποίο έχει υποστεί συμπίεση σε βάθος (υπέδαφος-τηγάνι) η αντίσταση στην διείσδυση, παραμένει μεγάλη (και σε τιμές κρίσιμες για την κανονική ανάπτυξη των φυτών) ακόμα και μετά από ένα χρόνο από την αλλαγή σε CTF, σε σχέση με το έδαφος το οποίο έχει υποστεί βαθιά κατεργασία για χαλάρωση.



Διάγραμμα 3: Σύγκριση αντίστασης στην διείσδυση σε σχέση με το βάθος.

Το αντίκτυπο αυτής της συμπίεσης στην παραγωγή είναι σημαντικό, καθώς μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 20% σε έδαφος στο οποίο έχει γίνει βαθιά κατεργασία και εφαρμογή CTF σε σχέση με έδαφος το οποίο έχει μεγάλη συμπίεση σε βάθος 0.05-0.2 μέτρα ( Chan et al. 2006). Αυτό μπορεί να συμβεί διότι η ρίζες των φυτών εξαπλώνονται οριζόντια όταν βρεθεί ένα στρώμα το οποίο δεν μπορούν να διαπεράσουν και ως αποτέλεσμα τα φυτά δεν μπορούν να επωφεληθούν από την υγρασία και τα θρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν κάτω από αυτό το στρώμα με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται σημαντικά η ανάπτυξή τους.



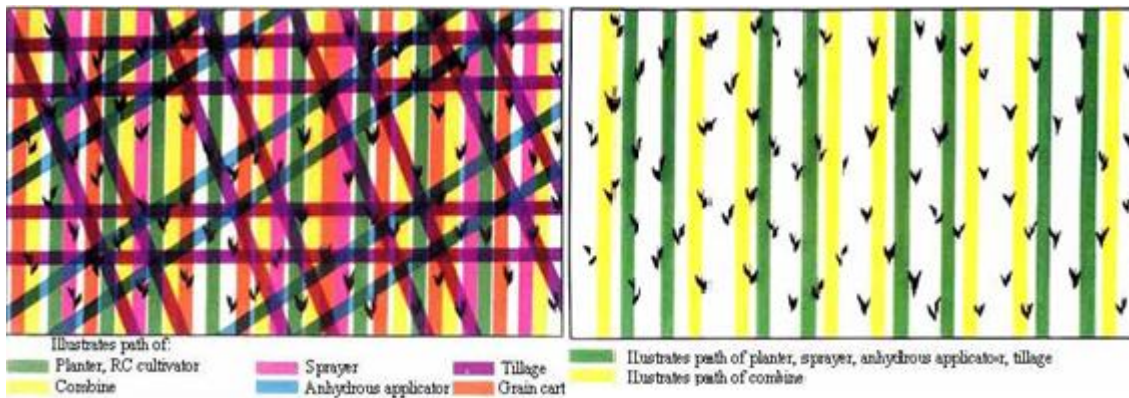
Εικόνα 1: Οι ρίζες του καλαμποκιού έχουν επεκταθεί οριζόντια μη μπορώντας να διαπεράσουν ένα συμπίεσμένο στρώμα εδάφους.

Εκτός αυτού ή συμπίεση οδηγεί σε φτωχό αερισμό του εδάφους και αυτό έχει μεγάλο αντίκτυπο στην πρόσληψη θρεπτικών όπως το Κάλιο. Σε μελέτη που έγινε σε καλλιέργεια μηδικής στην περιοχή του Arlington, Columbia, παρατηρήθηκε ότι το κάλιο μειώθηκε σε σχέση με ένα ασυμπιεστό έδαφος.

### **3. Controlled Traffic Farming (CTF).**

Από την δεκαετία του 1980 δοκιμάστηκαν μέθοδοι γεωργίας που βασίστηκαν σε «τροchioγραμμές» στις οποίες θα κινούνταν τα μηχανήματα για τις διάφορες εργασίες στον αγρό. Ένα από τα πιο υποσχόμενα ήταν και το σύστημα

«agro-technical Bridge». Ο Matthews το 1982 υπέθεσε ότι η απαραίτητη ενέργεια για την καλλιέργεια της γης θα μπορούσε να μειωθεί μέχρι και 50% όταν μηδενιστεί η συμπίεση του εδάφους που προκαλείται από τις ρόδες των μηχανημάτων. Η χρήση της τεχνολογίας CTF μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για βαθιά κατεργασία άρα η μείωση θα μπορούσε να είναι ακόμα μεγαλύτερη με συνδυασμό μειωμένης κατεργασίας και λιγότερων περασμάτων (ειδικά εκτός των προκαθορισμένων διαδρόμων)(Hadas et al 1990). Το πρόβλημα που υπήρχε μέχρι το πρόσφατο παρελθόν ήταν ότι δεν υπήρχαν τα μέσα και ο εξοπλισμός για την δημιουργία προκαθορισμένων διαδρόμων και για την με ακρίβεια καθοδήγηση των μηχανημάτων. Το καλύτερο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί μόνο στην περίπτωση που όλα τα μηχανήματα έχουν «καθορισμένο» πλάτος. Όμως CTF μπορεί να γίνει και χωρίς να ισχύει το παραπάνω. Συνήθως η θεριστική αλωνιστική μηχανή διαφέρει σε πλάτος από τα υπόλοιπα μηχανήματα, και μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική αυτή με ένα μηχάνημα να ακολουθεί ελαφρώς διαφορετικό διάδρομο (εικόνα 2).



Εικόνα 2: Διαδρομές σε συμβατική γεωργία και CTF στον αγρό για διάφορα μηχανήματα.

Το ποσοστό του χωραφιού το οποίο είναι «πατημένο» από τα μηχανήματα μπορεί να μειωθεί σε μόλις 20% σε αγρό που έχει εφαρμοστεί CTF, αλλά αυτό εξαρτάται και από το πλάτος και τους τροχούς των μηχανημάτων (Li et al 2000).

### **3.1. Εξοικονόμηση ενέργειας.**

Οι McPhee et al. (1995) αναφέρουν ότι το 30% της ενέργειας του ελκυστήρα απορροφάται από το έδαφος και προκαλεί συμπίεση. στην συνέχεια η συμπίεση αυτή οδηγεί σε μια αύξηση της απαίτησης δύναμης για έλξη κατά 25%. Το παραπάνω είναι μία απόδειξη ότι ένα απόλυτα οικονομικό σε ενέργεια σύστημα θα ήταν αυτό στο οποίο τα μηχανήματα πατούν σε συμπιεσμένο έδαφος, και η καλλιέργεια βρίσκεται σε έδαφος ασυμπιεστο. Εκτός από την βελτίωση της πρόσφυσης των μηχανημάτων και την μείωση στην βύθιση των ελαστικών, ο διαχωρισμός της συμπιεσμένης ζώνης από την ασυμπιεστη οδηγεί στην επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας διότι αποφεύγεται η ανάγκη για βαθιά κατεργασία του εδάφους η οποία είναι μία ακριβή διαδικασία μακροπρόθεσμα όσον αφορά την κατανάλωση σε ενέργεια. Συμπερασματικά η ενέργεια που δαπανάται σε σύστημα CTF είναι το 28 – 34% αυτής που δαπανάτε για την συμβατική κατεργασία. η εξοικονόμηση αυτή πρωτίστως επιτυγχάνεται γιατί με την CTF μειώνετε ο αριθμός των κατεργασιών στον αγρό σε σύγκριση με την συμβατική γεωργία.

Οι Li et al. 2000 αναφέρουν ότι η εξοικονόμηση χρόνου και εισροών μπορεί να φτάσει μέχρι και το 20%.

### **3.2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.**

Η βελτιωμένη κίνηση του νερού στο έδαφος είναι μια από τις ωφέλειες που οφείλονται στην CTF καθώς οι Li et al. 2004, ανακάλυψαν πώς η απορροή του νερού από τον αγρό μειώθηκε κατά 36% σε έδαφος που εφαρμόστηκε CTF και κατά 47,2% σε έδαφος με CTF και μη κατεργασία σε σχέση με την συμβατική κατεργασία του εδάφους.

Οι Qingjie et. al 2009, διεξήγαγαν ένα πείραμα στην Κίνα, στο οποίο σύγκριναν το νερό που συγκρατείτε από το έδαφος σε 3 διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας. Η πρώτη μεταχείριση (NTCN) ήταν Controlled traffic με μηδενική κατεργασία, η δεύτερη (STCN) ήταν Controlled traffic με ελαφρά κατεργασία του

εδάφους και η Τρίτη ήταν συμβατική κατεργασία. το πείραμα έγινε για 7 χρόνια και τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

- Η CTF επιφέρει αύξηση του νερού που αποθηκεύεται στο έδαφος κατά 13,9% με το αποτέλεσμα αυτό να είναι πιο σημαντικό τις εποχές με ξηρασία.
- Η CTF αυξάνει την υγρασία του εδάφους στην σπορά κατά 10,5%.
- Η CTF αυξάνει την παραγωγή των χειμωνιάτικων σιτηρών κατά 6,9% με αυτό το ποσοστό να είναι μεγαλύτερο τις χρονιές με ξηρασία και έτσι μειώνει την ετήσια παραλλαγή του μεγέθους παραγωγής.

Σε εργασία των Gasso et al. 2013 έγινε προσπάθεια για αποτύπωση της μείωσης των επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον με την βοήθεια της CTF. Στην εργασία αναλύθηκαν διαθέσιμες έρευνες σχετικές με την σύγκριση της CTF και της συμβατικής γεωργίας όσον αφορά την ροή των αερίων την απορροή του εδάφους, των θρεπτικών και των αγροχημικών καθώς και την έκπλυσή τους. Αναλύθηκαν επίσης και οι έμμεσες συνέπειες στα λιπάσματα, στον σπόρο, στα ζιζανιοκτόνα και στα εντομοκτόνα.

Συμπερασματικά σύμφωνα με τους Vermeulen και Mosquera, 2009 οι ροή του Νιτρικού οξέος (N<sub>2</sub>O) στο έδαφος μπορεί να μειωθεί από 21% ως 45% ενώ το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) από 372% μέχρι και 2100% στην περιοχή της καλλιέργειας (Πίνακας 1). Η διαφορές σε όλες τις καλλιέργειες που μελετήθηκαν ήταν στατιστικά σημαντικές εκτός της καλλιέργειας κρεμμυδιών (Sown Onions).

		Spinach	Sown onions	Panted onions	Carrots
CH <sub>4</sub> fluxes (gCH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	CTF <sup>P</sup>	-11.0 <sup>b</sup>	0.6 <sup>a</sup>	-6.6 <sup>b</sup>	-11.8 <sup>b</sup>
	RTF	-0.5 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	-1.2 <sup>a</sup>	-2.5 <sup>a</sup>
N <sub>2</sub> O emissions (gN <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	CTF <sup>P</sup>	123.2 <sup>b</sup>	122.2 <sup>b</sup>	53.4 <sup>b</sup>	80.4 <sup>b</sup>
	RTF	225.6 <sup>a</sup>	154.6 <sup>a</sup>	71.0 <sup>a</sup>	130.4 <sup>a</sup>

Πίνακας 1: διαφορές στο N<sub>2</sub>O και το CH<sub>4</sub> μεταξύ συμβατικής μεθόδου και CTF



Όσον αφορά το Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και την Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) αναφέρεται από τους Gasso et al. 2013 ότι σύμφωνα με την έρευνα των Hu et al. 2009 η ύπαρξη του διοξειδίου του άνθρακα στο έδαφος είναι κατά 87% μεγαλύτερη στην CTF από ότι με συμβατικές μεθόδους. Αυτό βέβαια οφείλεται στην μεγαλύτερη συγκέντρωση μικροβιακού φορτίου διότι παρά την διαφορά αυτή, η ροή του CO<sub>2</sub> στο έδαφος και στα φυτά παραμένει σε μη στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθόδους. Για την αμμωνία αναφέρεται ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες αναφορές για την σύγκριση των CTF με τις συμβατικές μεθόδους αλλά σύμφωνα με τα δεδομένα που υπάρχουν σχετικά με τις εκπομπές NH<sub>3</sub> σε συμπιεσμένα εδάφη, μπορεί να υπάρχει μείωση των εκπομπών.

Στα λιπάσματα, η εξοικονόμηση από την εφαρμογή CTF οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Οι Soane και van Ouwerkerk, 1995 αναφέρουν ότι σε μη συμπιεσμένα εδάφη υπάρχουν μικρότερες απώλειες θρεπτικών λόγω της μειωμένης εκπομπής, απορροής και έκπλυσης των ενώσεων των θρεπτικών στοιχείων. Ενώ ο Wolkowski, 1990 αναφέρει ότι σε μη συμπιεσμένο έδαφος υπάρχει αύξηση της προσβασιμότητας σε θρεπτικά συστατικά λόγω της μείωσης του περιορισμού του ριζικού συστήματος.

Οι Stewart et al. 1998 αναφέρουν ότι σε σύστημα CTF μπορεί να επιτευχθεί ίδια παραγωγή με την συμβατική μέθοδο αλλά με μείωση της λίπανσης κατά 20% με 30%. Σημειώνεται επιπλέον πως λόγω του ότι η CTF βασίζεται σε νέες τεχνολογίες όπως η αυτόματη οδήγηση και το GPS μειώνετε έτσι η επαναλαμβανόμενη επικάλυψη των ίδιων σημείων με λίπασμα που οδηγεί σε οικονομία από 5% ως 15%, για τα εντομοκτόνα μπορεί να υπάρξει οικονομία από 1% ως 26% ενώ η οικονομία σε σπόρο είναι μεταξύ 0,6% και 26% σύμφωνα με τους Nielsen - Sørensen, 1994 και Birch. 1999.

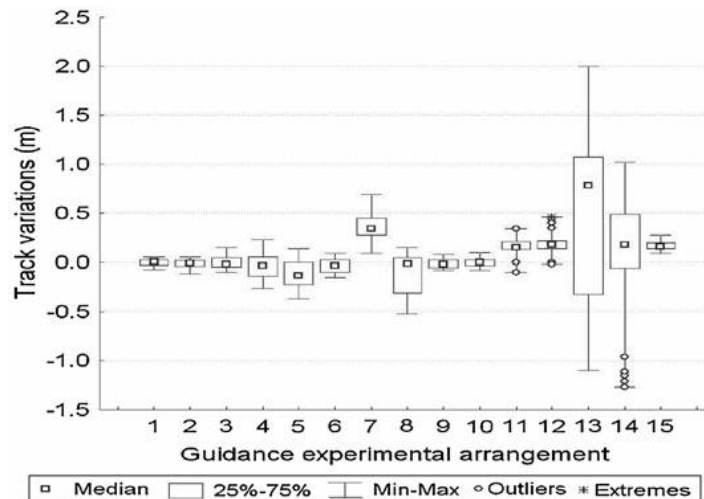
### 3.3. Ακρίβεια Συστημάτων Καθοδήγησης και Συντεταγμένων.

Οι Kroulik **et al.** προσπάθησαν να αξιολογήσουν την ακρίβεια που παρέχουν τα σημερινά συστήματα οδήγησης για την αποφυγή των σφαλμάτων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποίησαν οκτώ διαφορετικά συστήματα καθοδήγησης με διαφορετικούς τύπους Differential GPS. συγκεκριμένα έγιναν 8 ρυθμίσεις με εξοπλισμό της Trimble και συστήματα καθοδήγησης της John Deere, 2 με SF2 διπλής συχνότητας D-GPS και 5 χωρίς υποβοήθηση καθοδήγησης (πίνακας 2).

Arrangement	Work stages	Operating width/setting	Guidance type	Differential signal type
1	Tractor JD 8520 Seeder Horsch	8 m/8 m	Autopilot system	RTK
2	Tractor Fendt 924 Disc tiller Lemken	6 m/5.95 m	Autopilot system	Omnistar XP
3	Tractor JD 8520 Seeder Horsch	8 m/7.95 m	Autopilot system	Omnistar HP
4	Tractor CASE CVX 1190 Sprayer Mamut	24 m/23.75 m	Assisted steering system EZ-Steer	Omnistar HP
5	Tractor Steyer 9230 Slicker	8 m/7.75 m	Assisted steering system EZ-Steer	Egnos
6	Tractor Steyer 9230 Slicker	8 m/7.80 m	Assisted steering system EZ-Steer	Omnistar XP
7	Self-propelled sprayer Tecnomá Laser 400	36 m/35.6 m	Manual lightbar guidance Trimble AgGPS PSO 21	Omnistar VBS
8	Tractor JD 6820 Sprayer Vicon RotaFlow	24 m/23.8 m	Manual lightbar guidance Trimble EZ-Guide Plus	Egnos
9	Tractor JD Sprayer	30 m/29.9 m	Autopilot system JD Autotrac	SF 2
10	Tractor JD Sprayer	30 m/29.9 m	Autopilot system JD Autotrac	SF 2
11	Tractor Fendt 924 Disc tiller Lemken	6 m/-	Driver—experience 8 Year	By estimation of driver
12	Tractor JD 8320 Disc tiller Strom	6 m/-	Driver—experience 5 Year	By estimation of driver
13	Tractor Zetor 9540 Sprayer HARDI Twin Air	18 m/-	Driver—experience 6 Year	By estimation of driver
14	Tractor Zetor 10540 Sprayer HARDI Twin Air	18 m/-	Driver—experience 13 Year	Foam marker
15	Tractor New Holland TE 88 Seeder Accord MT 6	6 m/-	Driver—experience 5 Year	Marker

Πίνακας 1: Ρυθμίσεις του πειράματος των Kroulik et al.

Στο πείραμα οι μετρήσεις έγιναν κάτω από κανονικές συνθήκες αγρού. Από τα αποτελέσματα (Διάγραμμα 4) βλέπουμε ότι στις ρυθμίσεις που παρείχαν υποβοήθηση καθοδήγησης υπάρχει μικρότερο σφάλμα από ότι στις υπόλοιπες που παρεμβάλετε ο ανθρώπινος παράγοντας. Επίσης η απόκλιση από τις προκαθορισμένες διαδρομές του πειράματος ήταν πολύ μικρότερη σε αυτές τις ρυθμίσεις που χρησιμοποιούν αυτόματο πιλότο.



Διάγραμμα 4: σφάλμα πειράματος Kroulik et al.

Στα συμπεράσματα του πειράματος, οι Kroulik et al αναφέρουν ότι στην συμβατική κατεργασία το 86,14% του αγρού πατιέται τουλάχιστον μια φορά (το 31% δύο και το 15,6% τρεις φορές) από μηχανήματα, ενώ στην μειωμένη κατεργασία το 63.75%. Αυτό το ποσοστό μπορεί να μειωθεί στο 31% του αγρού όταν χρησιμοποιούμε CTF, διευκρινίζεται ότι αυτό το ποσοστό υπολογίστηκε συγκεντρώνοντας όλα τα μηχανήματα σε 2 μόνιμα μονοπάτια και πώς με καλύτερη προσαγωγή των μηχανημάτων καθώς και με μείωση του πλάτους των ελαστικών μπορεί να επιτευχθεί ακόμα μικρότερο ποσοστό. Τα μηχανήματα επίσης μπορούν να εξοπλιστούν με συστήματα RTK-GPS και αυτόματης οδήγησης τα οποία μπορούν να μειώσουν την απόκλιση από την προκαθορισμένη πορεία μέχρι και στα 0.03 μέτρα.

## 4. Εφαρμογή CTF.

Το πλάνο της CTF είναι απλό, όμως η εφαρμογή του μπορεί να ένα πολύ δύσκολο έργο χωρίς σωστό σχεδιασμό και προγραμματισμό και είναι σημαντικό το ότι εφαρμόζεται σε βάθος χρόνου.(CTF adoption guidelines) Τα βασικά σημεία που πρέπει να προσέξει ο αγρότης που θέλει να μεταβεί σε CTF είναι τα παρακάτω:

- Επανεξέταση της εναλλαγής των καλλιεργειών και των συστημάτων εγκατάστασης αυτών.
- Έλεγχος των μηχανημάτων που θα χρειαστούν, καταμερισμός τους ανάλογα με το αν το πλάτος (εργασίας και άξονα) επιτρέπει την χρήση τους σε CTF ή χρειάζονται μετατροπές.
- έλεγχος της καλύτερης περιόδου για εναλλαγή με βάση την καλλιέργεια που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.
- Η διαρρύθμιση του αγροκτήματος είναι παράγοντας ουσιαστικής σημασίας διότι η επιφανειακή αποστράγγιση και ο προσανατολισμός μπορεί να χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής.
- Σχεδιασμός μακροπρόθεσμης αντικατάστασης οχημάτων με βάση την CTF θα αυξήσει την «συλλογή» με ικανά για CTF μηχανήματα.

Τα συστατικά μέρη ενός συστήματος CTF μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες.

1. Τεχνολογία και μηχανήματα.
2. Διάταξη του αγρού.
3. Διαχείριση του εδάφους.

#### **4.1. Τεχνολογία και Μηχανήματα.**

Σε αυτήν την κατηγορία αναφέρεται ο εξοπλισμός καθώς και οι μετατροπές που θα χρειαστούν για την υλοποίηση του CTF. Για να ξεκινήσει η υλοποίηση θα πρέπει να γίνει χρήση συστήματος συντεταγμένων με προτεινόμενη ενός RTK-GPS που παρέχει την καλύτερη δυνατή ακρίβεια. Προτείνεται επίσης η συμβατότητα του δέκτη GPS με πολλαπλά συστήματα (Galileo, GLONASS,GPS).

Το επόμενο στοιχείο που θα πρέπει να διορθωθεί είναι η ένταξη των μηχανημάτων στο σύστημα CTF. Σε έναν ιδανικό κόσμο το εύρος των τροχών όλων των μηχανημάτων θα ήταν το ίδιο, το πλάτος εργασίας θα ήταν πολλαπλάσιο του εύρους και τα ελαστικά των τροχών θα ήταν τα στενότερα δυνατά. Επειδή τα παραπάνω δεν υφίστανται θα πρέπει να γίνουν μετατροπές. Στην αρχή θα πρέπει

να αποφασιστεί το εύρος των τροχών, με βάση την καλλιέργεια. Στην συνέχεια γίνεται τροποποίηση των μηχανημάτων (Εικόνες 3 και 4) ώστε να τυποποιηθεί το πλάτος τους.



Εικόνα 3: τροποποίηση ελκυστήρα. Εικόνα 4: kit τροποποίησης της John Deere.

Επόμενη τροποποίηση πρέπει να είναι αυτή του πλάτους εργασίας. Το πλάτος εργασίας θα πρέπει να είναι ολόκληρος αριθμός πολλαπλάσιος του πλάτους των τροχών. Αυτό σημαίνει ότι για πλάτος τροχών 3 μέτρα το πλάτος εργασίας των μηχανημάτων θα πρέπει να είναι 3,6,9 κλπ. μέτρα. Τα λάστιχα των μηχανημάτων αυξάνονται σε πλάτος αναλογικά με το μέγεθος και το βάρος των μηχανημάτων. Σε ένα σύστημα CTF όμως ο εξοπλισμός μπορεί να γίνει μικρότερος και ελαφρύτερος λόγω της αύξησης της πρόσφυσης που υπάρχει σε ένα συμπιεσμένο έδαφος, για τους παραπάνω λόγους γίνεται δυνατή η εναλλαγή σε στενότερα ελαστικά και έτσι να ελαχιστοποιηθεί η περιοχή που παρέχεται για την δημιουργία των μονοπατιών.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην τροποποίηση των μηχανημάτων όμως, δημιουργείται από της μηχανές συγκομιδής διότι οι περισσότερες έχουν μη συμβατό πλάτος τροχών ή/και εργασίας, συνήθως δεν μπορούν να τροποποιηθούν και πολλές φορές ελέγχονται από εργολάβους που έχουν περισσότερα να χάσουν από μια επένδυση σε τροποποίηση για CTF.

#### **4.2. Διάταξη του αγρού.**

Στα συστήματα CTF η διαρρύθμιση των διαδρόμων θα πρέπει να γίνεται κάθετα στην κλίση του αγρού και όχι παράλληλα με αυτήν. Έτσι υπάρχει μικρότερη πιθανότητα η κλίση σε συνδυασμό με την εδαφική απορροή να προκαλέσει διάβρωση του εδάφους. Οι κυκλικές διατάξεις επίσης δεν μπορούν να συμβαδίσουν με την μέθοδο CTF.

Η διαχείριση του επιφανειακού νερού μπορεί να χρειαστεί επιπλέον υποδομή γιατί ο κίνδυνος της διάβρωσης στους συμπιεσμένους διαδρόμους είναι κοινή ανησυχία. Η μέχρι τώρα εμπειρία, έχει δείξει ότι η αυξημένη διείσδυση στην σποροκλίνη οδηγεί σε μείωση του νερού στους διαδρόμους. Σε περιοχές με πολύπλοκες κλίσεις συχνά υπάρχουν σημεία συλλογής της απορροής ή γραμμές αποστράγγισης που διασχίζουν τον αγρό. Σε τέτοιες περιοχές θα πρέπει να δημιουργηθούν οδοί επικαλυμμένοι με φυτά για να βοηθούν στην αποστράγγιση οι οποίοι θα πρέπει να χαρτογραφηθούν και να σχεδιαστούν σωστά και προσεκτικά για να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο της διάβρωσης. Σε περιοχές με μηδενική ή πολύ μικρή κλίση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ακριβής χαρτογράφηση για τον σχεδιασμό της καλύτερης δυνατής διάταξης των μονοπατιών για CTF και διαχείριση του επιφανειακού νερού.

#### **4.3. Διαχείριση του εδάφους.**

Η CTF θα οδηγήσει σε αλλαγές στην κατάσταση του εδάφους και κατά συνέπεια στην αλλαγή της διαχείρισης του, λιγότερη κατεργασία, ελαφρύτερη κατεργασία και σε πολλές περιπτώσεις και μηδενική κατεργασία. Αυτό αργά ή γρήγορα θα οδηγήσει σε ανάγκη για αλλαγή των μηχανημάτων.

### **5. Υιοθέτηση.**

Σύμφωνα με τους Pedersen et al. 2010 η CTF έχει αρχίσει να υιοθετείτε παντού στον κόσμο. Συγκεκριμένα στην Αυστραλία το 2003 η υιοθέτηση ήταν στο 3% (Price,2004) όμως ο αριθμός αυτός αυξήθηκε στο 15% το 2006 και έφτασε στο 36% το 2008 (Robertson 2008). Οι Kingwell και Fuchsbichler αναφέρουν ότι η CTF

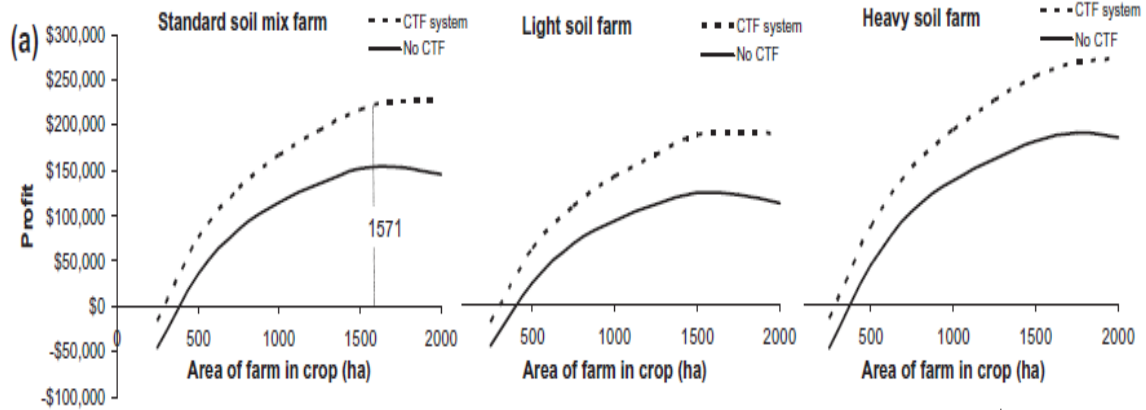
μειώνει την κούραση του οδηγού οπότε παρουσιάζει την ευκαιρία για την πρόσληψη λιγότερο ικανών οδηγών και έτσι να μειωθούν τα έξοδα των εργασιών στον αγρό.

Ο **Tullberg** αναφέρει ότι το κόστος για την εφαρμογή της CTF στην Αυστραλία είναι συνήθως κάτω των 40 χιλιάδων δολαρίων. Συγκεκριμένα οι Kingwell και Fuchsbichler αναφέρουν σε πείραμα που έκαναν με το μοντέλο βιοοικονομίας *MIDAS* για μια Φάρμα 2000 εκταρίων υπήρχε επένδυση 35 χιλιάδων δολαρίων στα οποία συμπεριλαμβάνονταν:

- GPS ακριβείας 2cm συνδεδεμένο με δορυφορική υπηρεσία
- Τροποποίηση των αγροτικών μηχανημάτων για καθορισμένο πλάτος άξονα. το κόστος για τις τροποποιήσεις κυμαίνεται μεταξύ 1 και 5 χιλιάδες δολάρια (Robertson et al 2007) και εξαρτάται από την φύση και την ηλικία των μηχανημάτων.

Έρευνες έδειξαν ότι υπάρχει αύξηση της παραγωγής 20% σε διάφορες καλλιέργειες και διάφορα εδάφη. αλλά εκτός αυτού στη παραπάνω έρευνα υπήρχε και αύξηση της περιεκτικότητας σε λαδί στην ελαιοκράμβη το οποίο έφερε κέρδος 500 δολάρια ανά τόνο ελαιοκράμβης. Η οικονομία που μπορεί να επιτευχθεί στις εισροές είναι περίπου 10%. Για την ακρίβεια έρευνα στο Queensland έδειξε ότι με την CTF μπορεί να επιτευχθεί μείωση των καυσίμων κατά 25%, για την λίπανση η οικονομία κυμαίνεται μεταξύ του 7 και 10% ενώ τα έξοδα για εργασία μειώθηκαν από 24 δολάρια την ώρα σε 20.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα έσοδα αυξανόταν όσο αυξανόταν και το μέγεθος των αγρών. Η διαφορά στα κέρδη μεταξύ των πιο κερδοφόρων μοντέλων με και χωρίς CTF μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 76 χιλιάδες δολάρια ή σε 50% αύξηση των εσόδων (Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5: διαφορά κέρδους ανάμεσα σε CTF και μη-CTF σε διάφορους τύπους εδάφους.

Οι Qingjie et. al. 2009 σε έρευνα τους έκαναν μια γενική Οικονομική ανάλυση στην οποία σύγκριναν το αγρονομικό κόστος (σπόρο, λίπασμα, ζιζανιοκτόνα) και το κόστος λειτουργίας (καύσιμα, μισθός, συντήρηση και δαπάνες διαχείρισης και απόσβεσης). Στον Πίνακα 3 φαίνεται το μέσο κόστος και κέρδος για διάστημα 7 ετών.

	NTCN	STCN	CT
<b>Inputs</b>			
Seed, fertilizer and herbicides (Yuan)	1455	1455	1215
Operation costs (Yuan)	750	870	1350
<b>Total (Yuan)</b>	<b>2205</b>	<b>2325</b>	<b>2565</b>
<b>Outputs</b>			
Yield (t/ha)	3.25	3.27	3.05
Income (Yuan/ha)	3250	3270	3050
Farmer income (Yuan/ha)	1045	945	458
Incremental improvement on traditional tillage (%)	128.2	106.3	

Πίνακας 2 κόστος και κέρδος για CTF με και χωρίς κατεργασία και συμβατική μέθοδο.

Βλέπουμε ότι τα αγρονομικά έξοδα ήταν λιγότερα στην συμβατική μέθοδο γιατί χρησιμοποιήθηκε μηχανική καταπολέμηση ζιζανίων σε αντίθεση με την CTF που ήταν χημική, αλλά τα λειτουργικά ήταν περισσότερα λόγω της κατεργασίας και της εργασίας. Το κόστος των εργασιών μειώθηκε κατά 44,4 και 35,6% στις μεταχειρίσεις με CTF. Το συμπέρασμα ήταν ότι η CTF με ελαφρά κατεργασία ή και χωρίς κατεργασία είναι πιο οικονομική από την συμβατική κατεργασία. Παρόλο



που το μέγεθος της παραγωγής μπορεί να είναι μικρότερο αν συγκρίνουμε τις CTF με ελαφρά κατεργασία και CTF χωρίς κατεργασία τα έσοδα για τον αγρότη λόγω της οικονομίας στα λειτουργικά έξοδα μπορεί να φτάσει ακόμα και το 9,7%.

Οι Jensen et al. 2012 σε έρευνα στην Δανία προσπάθησαν να τονίσουν το κέρδος και την οικονομία που προσφέρει η υιοθέτηση γεωργίας ακριβείας και CTF στην χώρα για τις τέσσερις κύριες καλλιέργειες (χειμερινό σιτάρι, χειμερινή ελαιοκράμβη, αραβόσιτο και ζαχαρότευτλα). Στα συμπεράσμα της έρευνας αναφέρεται ότι:

Σε επίπεδο αγρού, η υιοθέτηση αυτή έχει θετική επίδραση. Συγκεκριμένα οι εισροές μειώθηκαν κατά 3-5% λόγω της μείωσης της επαναλαμβανόμενης επικάλυψης. Στα καύσιμα η εξοικονόμηση κυμαίνεται μεταξύ 25% και 27%, η παραγωγή αυξήθηκε κατά 5% με 10% με εξαίρεση τα ζαχαρότευτλα που η αύξηση ήταν μικρότερη. Αντιθέτως το κεφάλαιο που δαπανήθηκε για την επίτευξη της CTF ήταν κατά 6 με 12% μεγαλύτερο σε σχέση με την συμβατική μέθοδο, αυτό μεταφράζεται σε αύξηση των εξόδων κατά 32€ στο εκτάριο. Η χρήση ζιζανιοκτόνων μειώνεται κατά 40-60% καθώς υπάρχει και μείωση της εργασίας κατά 6€ στο εκτάριο. επιπλέον υπάρχει μείωση στην ανάγκη για άζωτο κατά 3-5%. Συγχρόνως η μείωση της συμπίεσης μπορεί να επιφέρει περισσότερα κέρδη από την μείωση της ανάγκης για κατεργασία αλλά να αυξήσει την απαίτηση σε ζιζανιοκτόνα. Όμως η υιοθέτηση της Γεωργίας ακριβείας μαζί με την CTF μπορεί να επιφέρει αύξηση στο απαιτούμενο κεφάλαιο κατά επιπλέον 28€ ανά εκτάριο. Συμπερασματικά σε ένα αγρόκτημα 500 εκταρίων το συνολικό κέρδος θα μπορούσε μακροπρόθεσμα (με αμετάβλητες όμως τις τιμές) να φτάσει από 25 ως 100 χιλιάδες € από την υιοθέτηση CTF και γεωργίας ακριβείας, όταν καλλιεργούνται 125 εκτάρια για κάθε καλλιέργεια.

Σε εθνικό επίπεδο, χρησιμοποιώντας την ακαθάριστη εθνική δαπάνη ως δείκτη ευημερίας, η εφαρμογή CTF και γεωργίας ακριβείας την αύξησε κατά 31,8 εκ. € ενώ υπήρχε αύξηση του ΑΕΠ κατά 34,5 εκ. €. Όσον αφορά τη γεωργία, η υιοθέτηση των τεχνολογιών αυτών βελτιώνει το γεωργικό εισόδημα και την αύξηση της παραγωγής στη γεωργική βιομηχανία.

## 6. Βιβλιογραφία.

1. Birch, R., (1999) Controlled traffic – putting it into practice: a case study. In: Burgis, M., Ridge, B. (Eds.), *Confarm 21: The Second National Conservation Farming and Minimum Tillage Conference*. Conservation Farmers Inc., p. 139–141.
2. Chan, K.Y., Oates, A., Swan, A.D., Hayes, R.C., Dear, B.S., Peoples, M.B. (2006). *Soil & Tillage Research*, 89, p 13 – 21.
3. Controlled Traffic Farming Adoption Guidelines For the Vegetable Industry, A project supported by Cradle Coast NRM through Funding from the Australian Government.
4. Gasso, V., Sørensen, Claus A.G., Oudshoorn, Frank W., Green, O. (2013). Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts. *Europ. J. Agronomy*, 48, p 66-73.
5. Hadas, A., Shmulevich, I., Hadas, O., Wolf, D. (1990). Forage wheat yields as affected by compaction and conventional vs. wide frame tractor traffic patterns. *Transactions of the ASABE*, 33(1), 79–85.
6. Hu, L.F., Li, H.W., Zhang, X.M., He, J., (2009). Comparison of soil carbon dioxide emission between controlled and random traffic under conservation tillage. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2, p 8–13.
7. Jensen, H., G., Jacobsen, L., B., Pedersen, S., M., Tavella, E. (2012). Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark. *Precision Agric*, 13, p 661-677.
8. Kingwell, R., Fuchsbichler, A., (2011). The whole-farm benefits of controlled traffic farming: An Australian appraisal, *Agricultural Systems*, 104, p 513-521.

9. Kroulik, M., Kviz, Z., Kumhala F., Hula, J., Loch, T.(2011). Procedures of soil farming allowing reduction of compaction. *Precision Agric*, 12, p 317-333.
10. Li, H.W., Gao, H.W., Chen, J.D., Li, W.Y., & Li, R.X. (2000). Study on controlled traffic with conservative tillage. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 16, p 73–77.
11. Li, Y. X., Tullberg, J. N., Freebairn, D. M., & Ciesiolka, C. A. (2004). Effect of controlled traffic and conservation tillage on runoff and crop yield. Paper No. 041071. St Joseph, MI: ASAE.
12. Matthews, J. (1982). The Mechanical Farm of 2030. *In Proceedings of agricultural engineering Conference 1982: Resources, efficient use and conservation*. Barton, ACT: Institution of Engineers, p 1–6.
13. McPhee, J. E., Braunack, M. V., Garside, A. L., Reid, D. J., & Hilton, D. J. (1995). Controlled traffic for irrigated double cropping in a semi-arid tropical environment: part 2, Tillage operations and energy use. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 60, p 183–189.
14. Nielsen, V., Sørensen, C.G., (1994). DRIFT – technical farm management. In: Watson, D.G., Zazueta, F.S., Harrison, T.V. (Eds.), 5th International Conference on Computers in Agriculture. *Amer Coc Agricultural Engineers*, St. Joseph, p. 513–518.
15. Pedersen, H., Chamen, T., Yule, D., (2010). Controlled traffic farming and spatial technologies efficiently manage in-field variability. In: *Abstract for the 10<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture*, 18–21 July, Colorado, USA.
16. Price, P., 2004. Spreading the PA Message. Ground Cover. Grains Research and Development Corporation, Canberra.
17. Qingjie, Wang, Hao, Chen, Hongwen, Li, Wenying, Li, Xiaoyan, Wang, McHughb, A.D., Jin, He, Huanwen, Gao (2009). Controlled traffic farming

- with no tillage for improved fallow water storage and crop yield on the Chinese Loess Plateau. *Soil & Tillage Research*, 104, p 192-197.
18. Radford, B.J., Yule, D.F., McGarry, D., Playford, C. (2007). Amelioration of soil compaction can take 5 years on a Vertisol under no till in the semi-arid subtropics. *Soil & Tillage Research*, 97, p 249-255.
  19. Robertson, M.J., (2008). The Economics of Precision. Grains Research Update: Northern Region. New South Wales, Grains Research and Development Corporation.
  20. Robertson, M.J., Carberry, P., Brennan, L., (2007a). The Economic Benefits of Precision Agriculture: Case Studies from Australian Grain Farms. Canberra, CSIRO.
  21. Soane, B.D., van Ouwerkerk, C., (1995). Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil & Tillage Research*, 35, p 5–22.
  22. Stewart, L.E.D., Copland, T.A., Dickson, J.W., Douglas, J.T., (1998). Economic evaluation of traffic systems for arable and grass crops on an imperfectly drained soil in Scotland. *Journal of Sustainable Agriculture*, 12, 41–56.
  23. Tullberg, J.N., (2008). Paddock change for climate change. In: Unkovich, M.J. (Ed.), 14th Australian Agronomy Conference. Adelaide, South Australia, *Australian Society of Agronomy*.
  24. Vermeulen, G.D., Mosquera, J., (2009). Soil, crop and emission responses to seasonal controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. *Soil & Tillage Research*, 102, p 126–134.
  25. Wolkowski, R., Lowery, B. (2008). Soil Compaction: Causes, Concerns and Cures. *University of Wisconsin – Extension*.
  26. Wolkowski, R.P., (1990). Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth – a review. *Journal of Production Agriculture*, 3, p 460–469.