

### 5.5.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΟ MASTERING

#### *Αντίθετη αλληλεπίδραση περιοχών*

Ένα μικρό βύθισμα στις χαμηλομεσαίες συχνότητες ( $\sim 250\text{Hz}$ ) είναι παρόμοιο με την ενίσχυση των υψηλομεσαίων ( $\sim 5\text{kHz}$ ). Η τραχύτητα στις υψηλομεσαίες (π.χ. σε μια τρομπέτα) μπορεί να διορθωθεί με βύθισμα στην περιοχή των 6 με 8 kHz, ή με ενίσχυση των χαμηλομεσαίων περίπου στα 250Hz. Η απώλεια όμως έστω και  $\frac{1}{2}$  dB στα 7 kHz μπορεί να μειώσει την αίσθηση των πνευστών. Αυτό μπορεί να αποκατασταθεί με μια μικρή αύξηση του  $\frac{1}{4}$  dB στην περιοχή 15-20 kHz. Όλες αυτές οι ρυθμίσεις σωστό είναι να γίνονται με φαρδύ Q, διότι οι πιο ομαλές κλίσεις του equalizer ακούγονται πιο φυσικά από τις οξείες. Γι αυτό το λόγο τα Q των 0.6 έως 0.8 είναι τα επικρατέστερα στην mastering επεξεργασία. Τα μεγάλα Q (πάνω από 2) συνήθως χρησιμοποιούνται για πιο ακριβείς ισοσταθμίσεις και όχι για την ανάδειξη της χροιάς κάποιων οργάνων.

## *“Frequency feathering”*

Υπάρχει μία δημοφιλής τεχνική με μεγάλα  $Q$ , η λεγόμενη “frequency feathering”, η οποία δεν έχει να κάνει με την διόρθωση κάποιου τεχνικού προβλήματος, αλλά με την βελτιστοποίηση της τονικής ισορροπίας. Σε αυτήν την τεχνική, αντί να γίνει μια σχετικά μεγάλη αυξομείωση με μικρό  $Q$  στην επιθυμητή περιοχή, πραγματοποιούνται περισσότερες αυξομειώσεις μικρότερης κλίμακας γύρω από την κεντρική συχνότητα. Για παράδειγμα, αντί να προστεθούν 3dB στην περιοχή των 180 HZ, μπορούν να προστεθούν 1.5 dB στα 180 HZ (κεντρική συχνότητα) και από 0.5 στα 160 και 200 HZ αντίστοιχα. Αυτές οι αυξομειώσεις σε συνδυασμό με στενό  $Q$  επιφέρουν μία πιο ομαλή και πιο ήπια αλλαγή, αποφεύγοντας την έντονη σάρωση των γύρω συχνοτήτων.<sup>57</sup>

## Σύγκριση διαφορετικών ρυθμίσεων

Μια άλλη βασική τεχνική που χρησιμοποιείται στο mastering είναι η στιγμιαία σύγκριση μεταξύ δυο διαφορετικών ρυθμίσεων στο equalizer καθώς και η σύγκριση του μουσικού θέματος με και χωρίς equalizer. Το πρόβλημα που μπορεί να δημιουργηθεί με την πρώτη μέθοδο είναι ότι με μια στιγμιαία σύγκριση δεν μπορεί να γίνουν αντιληπτές οι μικρές διαφορές ενίσχυσης συχνοτήτων. Μια ενίσχυση όμως μικρότερη και από 1/2dB, με μια προσεχτικότερη ακρόαση, έχει αντίκτυπο στο μουσικό αποτέλεσμα.

---

<sup>57</sup> Audio Mastering Guide, <http://suresoundmastering.com/mastering.php>, 30/03/2010

## Ενίσχυση παρουσίας οργάνων

Σε περίπτωση κακής μίξης μπορεί να χρειαστεί ενίσχυση βασικών οργάνων. Για παράδειγμα: εάν ένα σόλο πιάνου είναι αδύναμο, μπορεί να γίνει επέμβαση

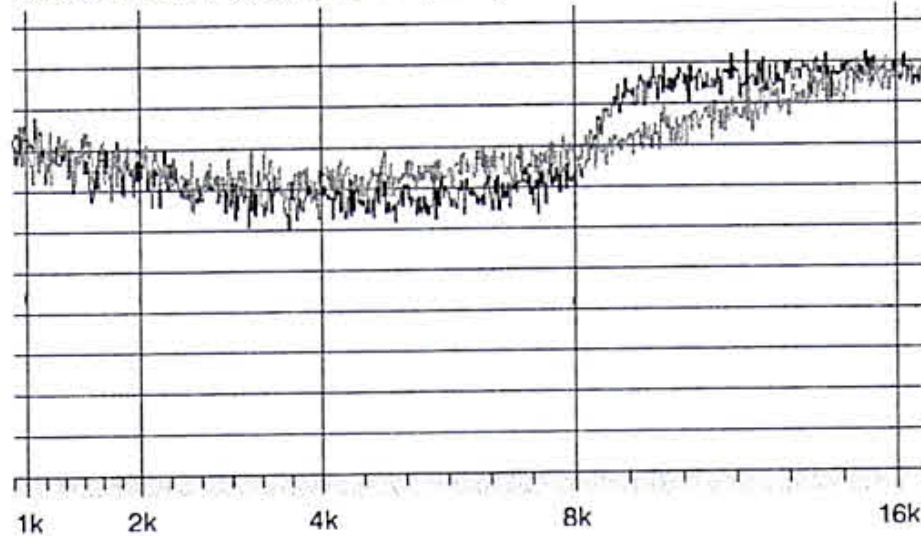
- Μόνο κατά τη διάρκεια του σόλο
- στο κανάλι όπου αρχικά βρίσκεται το πιάνο
- μόνο στις βασικές συχνότητες αν είναι δυνατόν
- και σαν μία ύστατη λύση μπορεί να γίνει αύξηση της γενικής έντασης στο συγκεκριμένο χρονικό σημείο, με τον κίνδυνο όμως να γίνει ιδιαίτερα αισθητή αυτή η διαφορά.<sup>58</sup>

## Χρήση καμπύλης Baxandall

Μία πολύ χρήσιμη καμπύλη που χρησιμοποιείται συνήθως για την ανάδειξη των υψηλών συχνοτήτων του φάσματος είναι η καμπύλη Baxandall. Οι έλεγχοι τόνου hi-fi συστημάτων συνήθως διαμορφώνονται γύρω από την καμπύλη Baxandall. Όπως στους shelving ισοσταθμιστές, έτσι και η καμπύλη Baxandall εφαρμόζεται στη ενίσχυση ή μείωση των ακραίων χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων.

Η εξομοίωση της ενίσχυσης υψηλών συχνοτήτων Baxandall μπορεί να

Baxandall Curve (grey) vs. Shelf (black)



Σχήμα 5.11 Με το γκρι χρώμα παρουσιάζεται η καμπύλη Baxandall και με το μαύρο η καμπύλη Shelf. (Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 103)

σχηματισθεί και με την χρήση ενός παραμετρικού ισοσταθμιστή. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση του Q σχεδόν στο 1 και με κεντρική συχνότητα τα 20 kHz. Έτσι πραγματοποιείται μια σταδιακή αύξηση των συχνοτήτων από τα 10 έως και τα 20 kHz. Οι αυξομειώσεις που συμβαίνουν πέρα από τα 20 kHz δεν επηρεάζουν το σύνολο.<sup>59</sup>

<sup>58</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), ,σελ 104 -105

<sup>59</sup> Bob Katz, *The secret of mastering engineer*, booklet t.c electronic

## 5.6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Μετά την χρήση του EQ το κομμάτι ισορροπεί τονικά, αλλά πολλές φορές γίνεται πιο φτωχό σε αρμονικές. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την ισοστάθμιση των επιλεγμένων συχνοτήτων πραγματοποιείται αναπόφευκτα και η σάρωση των γύρω αρμονικών, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά η αίσθηση της στερεοφωνίας, ο χώρος, το πλάτος και γενικότερα το ζωντανό μέρος του ήχου.

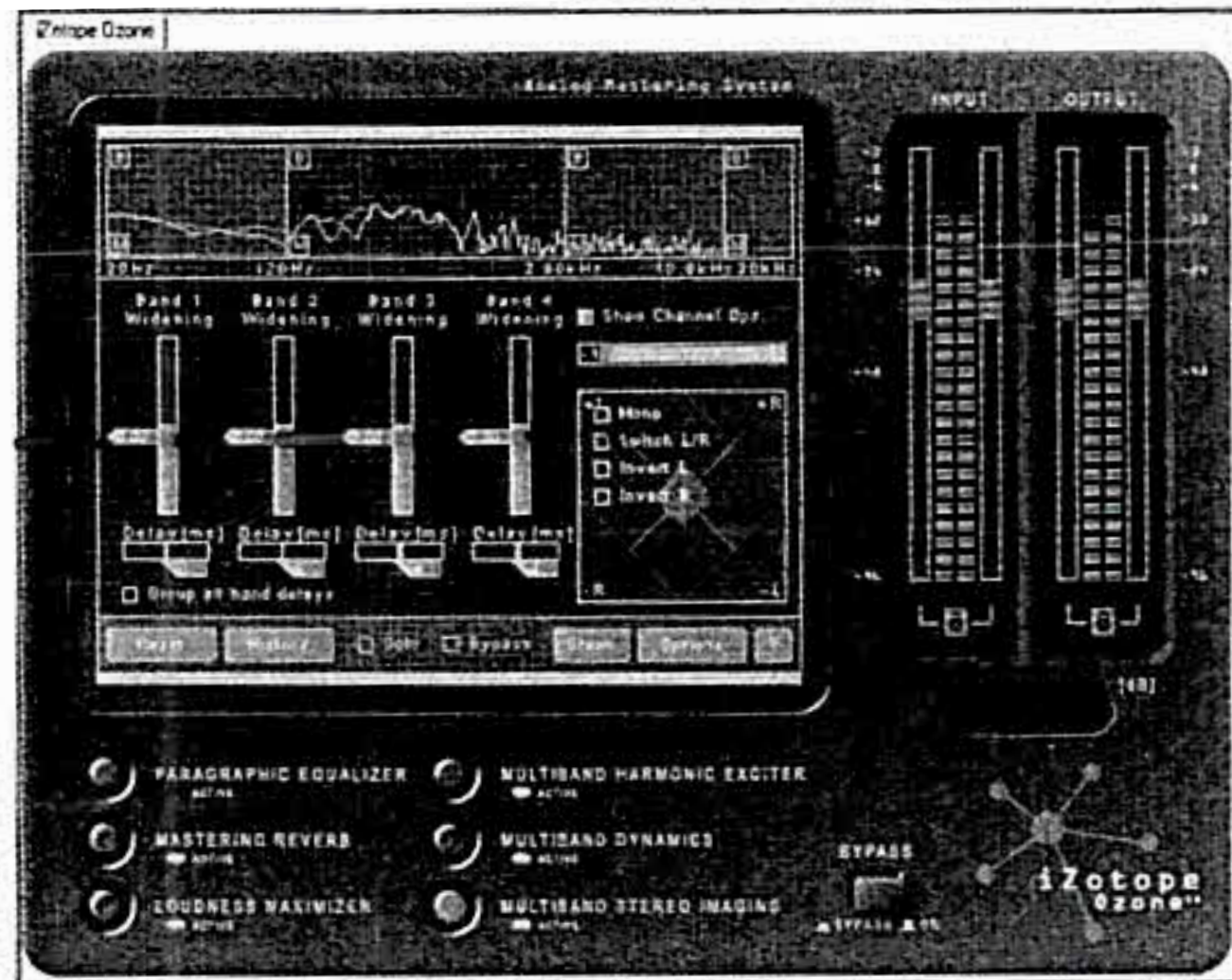
Για αυτό το λόγο συχνά υπάρχει η ανάγκη εμπλουτισμού του ήχου μετά την ισοστάθμιση.

Ο εμπλουτισμός αυτός μπορεί να επικεντρώνεται στην πρόσθεση αρμονικών στις περιοχές που χρειάζεται, στην ανάγκη για χρήση εφέ, αλλά και σε τεχνικές διαπλάτυνσης της στερεοφωνίας.

Έχουν κατασκευασθεί ειδικά μηχανήματα και plug-ins για αυτό τον σκοπό. Άλλα εξειδικεύονται στον εμπλουτισμό της χροιάς, άλλα επεμβαίνουν στην στερεοφωνία και άλλα χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό προγραμματισμένων επεξεργασιών για τον γενικότερο εμπλουτισμό όλου του συνόλου. Με την χρήση απλά και μόνο αυτών των συσκευών δεν σημαίνει πως το σήμα βελτιώνεται πάντα στο επιθυμητό επίπεδο. Η κάθε συσκευή έχει μια συγκεκριμένη φιλοσοφία επεξεργασίας και μπορεί να μην ταιριάζει με τις ανάγκες του εκάστοτε ιδιώματος. Το αποτέ-

λεσμα αυτού είναι, αντί να βελτιώνεται το σήμα πολλές φορές να αναδεικνύεται η άσχημη πλευρά του. Επομένως, όσον αφορά το ποια συσκευή πρέπει να χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται καθαρά από την φύση και τις ανάγκες του προς επεξεργασία σήματος.

Πέρα από την χρήση των ειδικευμένων συσκευών, ο εμπλουτισμός του σήματος μπορεί να επιτευχθεί και με



Σχήμα 5.12 Το “Multiband stereo Imaging”. Μία από τις λειτουργίες που προσφέρει το plug-in Izotope Ozone, για τον εμπλουτισμό της στερεοφωνικής εικόνας.

πιο ελεγχόμενες τεχνικές, που τις περισσότερες φορές γίνεται επέμβαση στην στερεοφωνική εικόνα του κομματιού.

Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις πιο δημοφιλείς:

### *Στερεοφωνικό EQ*

Στην περίπτωση που η ισοστάθμιση γίνει με την ίδια ρύθμιση και στα δύο κανάλια, διατηρείται η κύρια στερεοφωνική εικόνα της αρχικής μίξης και η σχετική φάση μεταξύ των δύο καναλιών. Υπάρχει όμως και η περίπτωση, κατά την οποία μία διαφορετική ισοστάθμιση σε κάθε κανάλι μπορεί να αναδείξει γενικότερα το σύνολο.

Για παράδειγμα: εάν υπάρχει ένα λαμπερό Hi-hat στην δεξιά πλευρά, μία καλής ποιότητας φωνή στο κέντρο και ένα σωστό crash cymbal στα αριστερά, θα μπορούσε να αναδειχθεί η στερεοφωνική εικόνα με μία μικρή αύξηση των υψηλών συχνοτήτων του δεξιού καναλιού.<sup>60</sup>

### Τεχνική M/S στο mastering

Μία άλλη τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο mastering, επεμβαίνοντας σημαντικά στην στερεοφωνική εικόνα του κομματιού, είναι η τεχνική M/S (Mid- Side). Αυτή η τεχνική βασίζεται στην ίδια λογική με την αντίστοιχη μικροφωνική τεχνική M/S που χρησιμοποιείται στην ηχογράφιση.

Στην μικροφωνική τεχνική M/S, ένα καρδιοειδές front-facing μικρόφωνο αντιστοιχεί στο M, και ένα figure 8, side facing μικρόφωνο στο S. Το Mid μικρόφωνο συλλαμβάνει την κύρια παρουσία των οργάνων που βρίσκονται μπροστά, ενώ το Side το χώρο και το βάθος. Έπειτα τα δύο σήματα των μικροφώνων οδηγούνται σε έναν κωδικοποιητή (matrix), ο οποίος συνδυάζει αυτά τα δυο κανάλια και παράγει δύο εξόδους [L (Left) και R (Right)] που οδηγούνται στο καταγραφικό.

Στην περίπτωση του mastering όπου το υλικό είναι είδη ηχογραφημένο σε δύο κανάλια, είναι προφανές πως χρειάζεται ένας αποκωδικοποιητής, ο οποίος θα κάνει ακριβώς την αντίθετη δουλειά.

Η λογική της αποκωδικοποίησης είναι, ότι από τα δύο μονοφωνικά κανάλια της πηγής L και R πρέπει να παραχθούν τα κανάλια Mid και Side. Το Mid δημιουργείται από το μονοφωνικό άθροισμα των δύο καναλιών L και R και περιλαμβάνει στο μεγαλύτερο ποσοστό του τα όργανα που βρίσκονταν στο κέντρο κατά την αρχική στερεοφωνική τους μίξη. Από την άλλη μεριά το Side δημιουργείται από το μονοφωνικό άθροισμα του καναλιού L και του R με αναστροφή φάσης. Με αυτόν τον τρόπο συλλέγεται η ενέργεια που

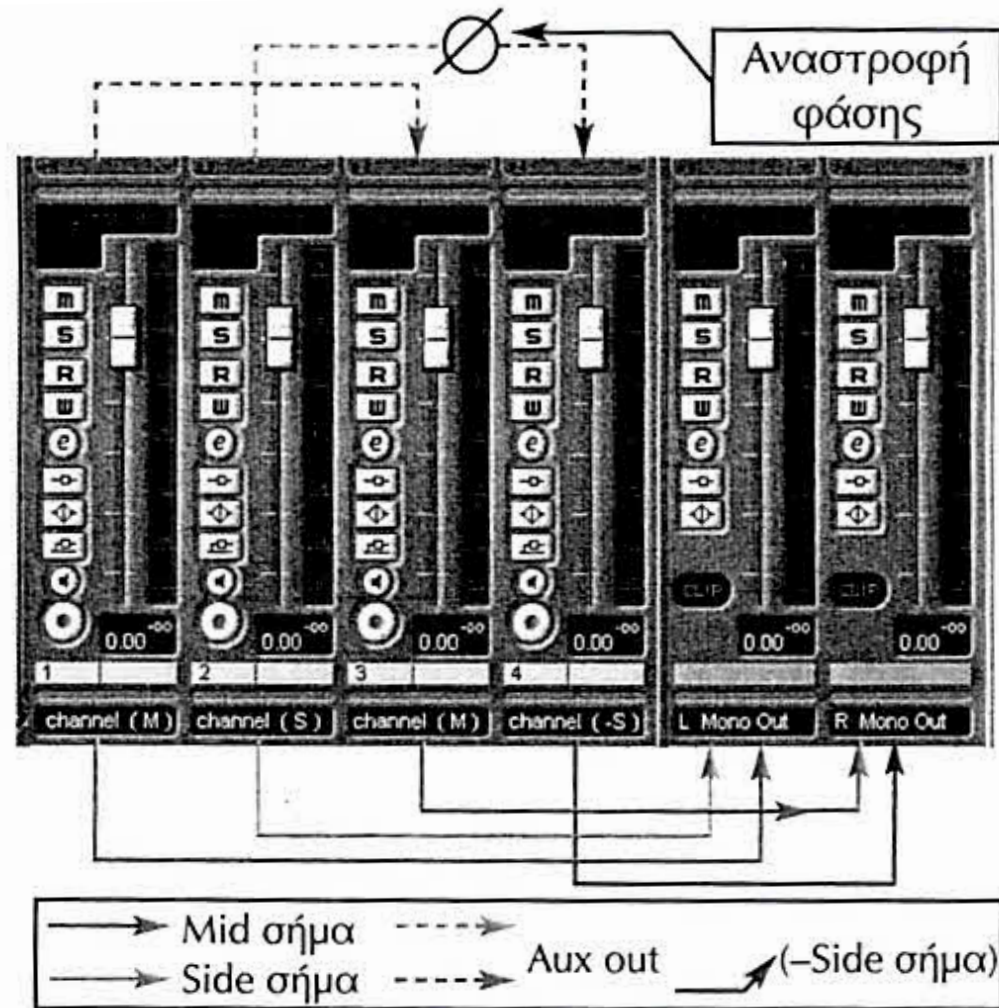
---

<sup>60</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), ,σελ 104

υπήρχε στα άκρα των δύο καναλιών L- R και περιλαμβάνει σε μεγαλύτερο ποσοστό το βάθος και τα όργανα που είχαν μοιραστεί στην αρχική μίξη.<sup>61</sup>

Στη συνέχεια, αυτά τα δύο κανάλια οδηγούνται στην κονσόλα, ώστε να υπάρχει ο απόλυτος έλεγχός τους. Με την αντίστοιχη δρομολόγηση, αποκωδικοποιούνται ξανά σε ένα στερεοφωνικό κανάλι (Left και Right). (σχήμα 5.13)

Η αποκωδικοποίηση στην κονσόλα γίνεται ως εξής: Το M πάει στο fader1, το S πάει στο fader2, και τα δυο faders στο αριστερό κανάλι. Κατόπιν το M πάει στο fader3, το S στο fader4 με αντεστραμμένη πολικότητα (-S) και τα δυο αυτά faders στο δεξί κανάλι. Αυτή είναι η φόρμουλα αποκωδικοποίησης:  $M + S = L$  και  $M - S = R$ .



Σχήμα 5.13 Η αποκωδικοποίηση του M/S σήματος σε ένα στερεοφωνικό κανάλι.

Όσο περισσότερο είναι το M στη μίξη, τόσο περισσότερο μονοφωνικό (κεντραρισμένο) είναι το αποτέλεσμα. Όσο περισσότερο είναι το S, τόσο πιο απλωμένη είναι η στερεοφωνική εικόνα. Αν γίνει σίγαση στο κανάλι M, θα ακουστεί ο ήχος εκτός φάσης και θα περιλαμβάνει στο μεγαλύτερό του μέρος το βάθος των οργάνων που προέρχεται από τις ακραίες πλευρές. Αν γίνει σίγαση στο κανάλι S, θα επικρατήσει η παρουσία της φωνής και ο ήχος θα καταρρεύσει, χάνοντας τον πλούτο και το χώρο.<sup>62</sup>

*Η τεχνική M/S συνηθίζεται και στον κινηματογράφο, εφόσον η φαινομενική θέση και απόσταση ενός ηθοποιού μπορεί να αλλαχθεί με τον απλό χειρισμό δυο faders.<sup>63</sup>*

---

<sup>61</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), ,σελ 150

<sup>62</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), ,σελ 150

<sup>63</sup> Bob Katz, *The secret of mastering engineer*, booklet t.c electronic

## Εμπλουτισμός με την χρήση εφέ

Ένας άλλος τρόπος βελτιστοποίησης του συνόλου επιτυγχάνεται και με την χρήση εφέ ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε μίξης. Για παράδειγμα, η ψυχοακουστική αντίληψη της στερεοφωνίας μπορεί να επηρεασθεί με την είσοδο ελάχιστης χρονικής καθυστέρησης (delay) στο ένα εκ των δύο καναλιών.<sup>64</sup>

Σε μία άλλη περίπτωση μπορεί να εντοπισθεί εκ των υστέρων η έλλειψη χωρικής κατανομής και να χρειαστεί να προστεθεί κατά την mastering επεξεργασία βάθος σε συγκεκριμένες περιοχές (multiband reverb), ή ακόμα και σε ολόκληρο το συχνотικό φάσμα του κομματιού. Αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε είδη μουσικής όπου η ηχογράφηση έχει γίνει ζωντανά και αποτελείται στο μεγαλύτερο της ποσοστό από ακουστικά όργανα, όπως κλασική μουσική κ.α.<sup>65</sup>

## 5.7 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MASTERING

Οι βασικές ενέργειες της δυναμικής επεξεργασίας στο mastering στηρίζονται στην συμπίεση (compression) και τον περιορισμό (limiting). Το compression και το limiting αλλάζουν την αναλογία του μέσου όρου των κορυφών του σήματος, μειώνοντας το δυναμικό εύρος. Βασικός σκοπός αυτού του είδους επεξεργασίας στο mastering είναι η ρύθμιση όλων των κομματιών στην ίδια ένταση και γενικότερα η επίτευξη ομοιογενούς δυναμικής παρουσίας. Με αυτόν τον τρόπο ο ακροατής δεν αναγκάζεται να αυξομειώνει την ένταση του στερεοφωνικού του συστήματος σε κάθε κομμάτι κατά την διάρκεια ακρόασης του άλμπουμ. Ένας δεύτερος εξίσου σημαντικός λόγος είναι η μεγιστοποίηση της έντασης του μουσικού υλικού, ώστε να είναι συγκρίσιμο με άλλες δουλειές που αναπαράγονται από τα ίδια μέσα (ραδιόφωνο, τηλεόραση κ.τ.λ).

Πέρα των δύο προηγούμενων καθαρά τεχνικών διαδικασιών η δυναμική επεξεργασία στο σύγχρονο mastering πραγματοποιείται στοχεύοντας και στην εξομάλυνση και τον εμπλουτισμό του δυναμικού εύρους με σκοπό να κάνει τον ήχο να ακουστεί πιο σφιχτός, πιο δυναμικός ή ακόμα και να τονίσει τις δυναμικές κάποιων συγκεκριμένων οργάνων.

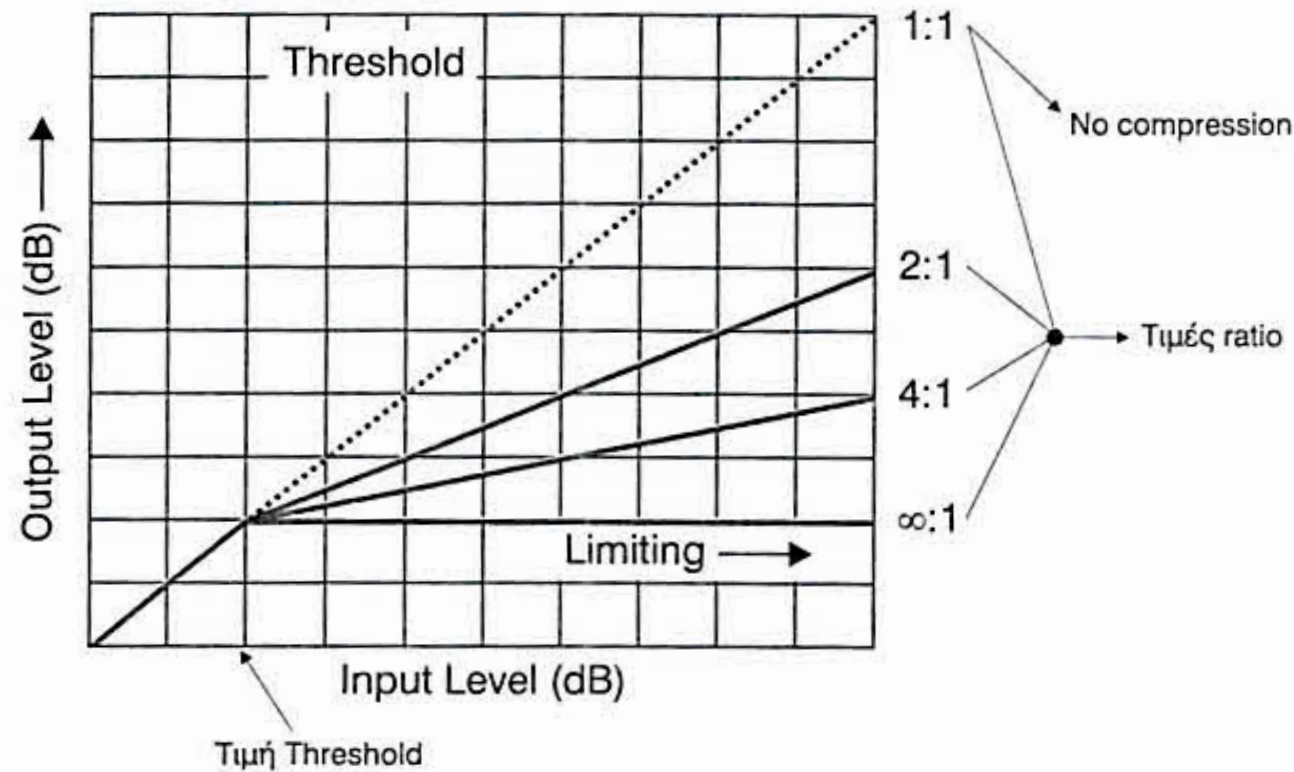
---

<sup>64</sup> Martin Walker, [http://www.soundonsound.com/sos/jan07/articles/pcmusician\\_0107.htm](http://www.soundonsound.com/sos/jan07/articles/pcmusician_0107.htm), 20/03/2010

<sup>65</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 157

### 5.7.1 Συμπίεση (Compression)

Η συμπίεση στο mastering χρησιμοποιείται κυρίως για την προσαρμογή των εντάσεων όλων των κομματιών του άλμπουμ, την ομοιόμορφη δυναμική παρουσία του κάθε κομματιού ξεχωριστά και τον έλεγχο των κορυφών. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την βελτίωση της παρουσίας του ήχου. Γενικά η συμπίεση του ήχου δημιουργεί ένα εφέ, κυρίως στις πιο χαμηλές και μέσης έντασης συχνότητες, οι οποίες ακούγονται πιο ισχυρές - 'runchy' - δημιουργώντας μια πιο δυνατή ρυθμική απόκριση.<sup>66</sup> Αυτό το εφέ όμως δε σημαίνει πως είναι πάντα επιθυμητό. Ιδιαίτερα σε έναν κακής ποιότητας συμπιεστή ή σε μία υπερβολική συμπίεση λειτουργεί αρνητικά στο σύνολο, υποβαθμίζοντας την μουσικότητα και την δυναμική παρουσία του ήχου. Για το λόγο αυτό η χρήση του συμπιεστή στο mastering δεν είναι πάντα απαραίτητη, ιδιαίτερα στην περίπτωση που η αρχική μίξη παρουσιάζει μια απόλυτα ισορροπημένη δυναμική παρουσία κατά μήκος όλου του φάσματος.

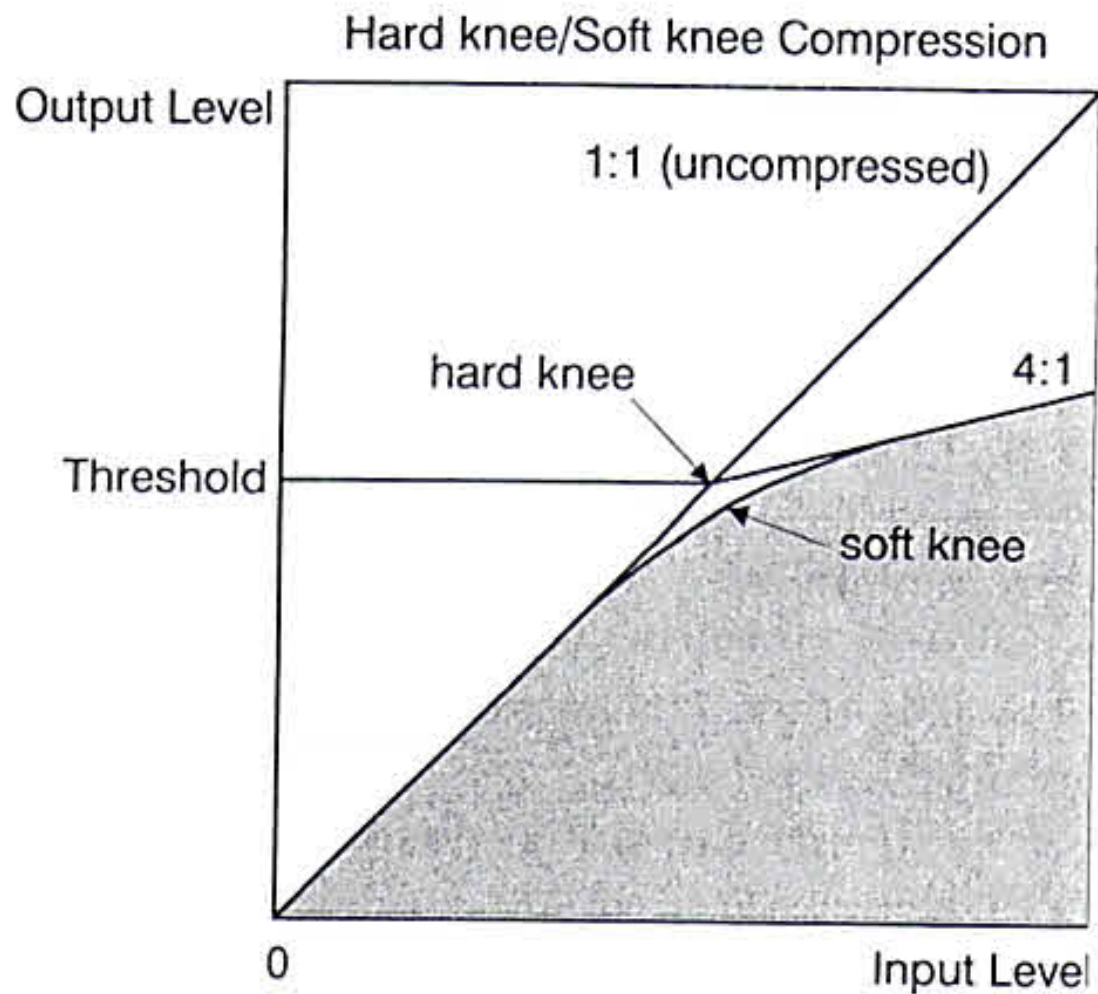


Σχήμα 5.14 Οι πιο σημαντικές ρυθμίσεις ενός συμπιεστή.

Παρακάτω αναφέρονται οι πιο βασικές λειτουργίες ενός συμπιεστή:

**threshold:** είναι η οριοθετημένη τιμή της έντασης του εισερχόμενου σήματος που καθορίζει από πιο σημείο και μετά θα ενεργοποιηθεί ο συμπιεστής.

**ratio:** καθορίζει το ποσοστό συμπίεσης που υφίσταται το σήμα όταν ξεπεράσει την τιμή του threshold.



Σχήμα 5.15 Hard/soft knee συμπίεση

παρατηρείται και στο σχήμα 5.15, η συμπίεση ξεκινάει σταδιακά λίγο πιο πριν από την τιμή threshold. Αντίθετα με την επιλογή hard knee η συμπίεση ξεκινάει ακριβώς μετά από την τιμή του threshold.

**attack:** ορίζει το χρόνο αντίδρασης του συμπιεστή σε millisecond, από τη στιγμή που το σήμα ξεπεράσει την τιμή του threshold.

**release:** ορίζει το χρόνο απόσβεσης του συμπιεστή σε millisecond, από τη στιγμή που το σήμα πέσει κάτω από την τιμή του threshold.

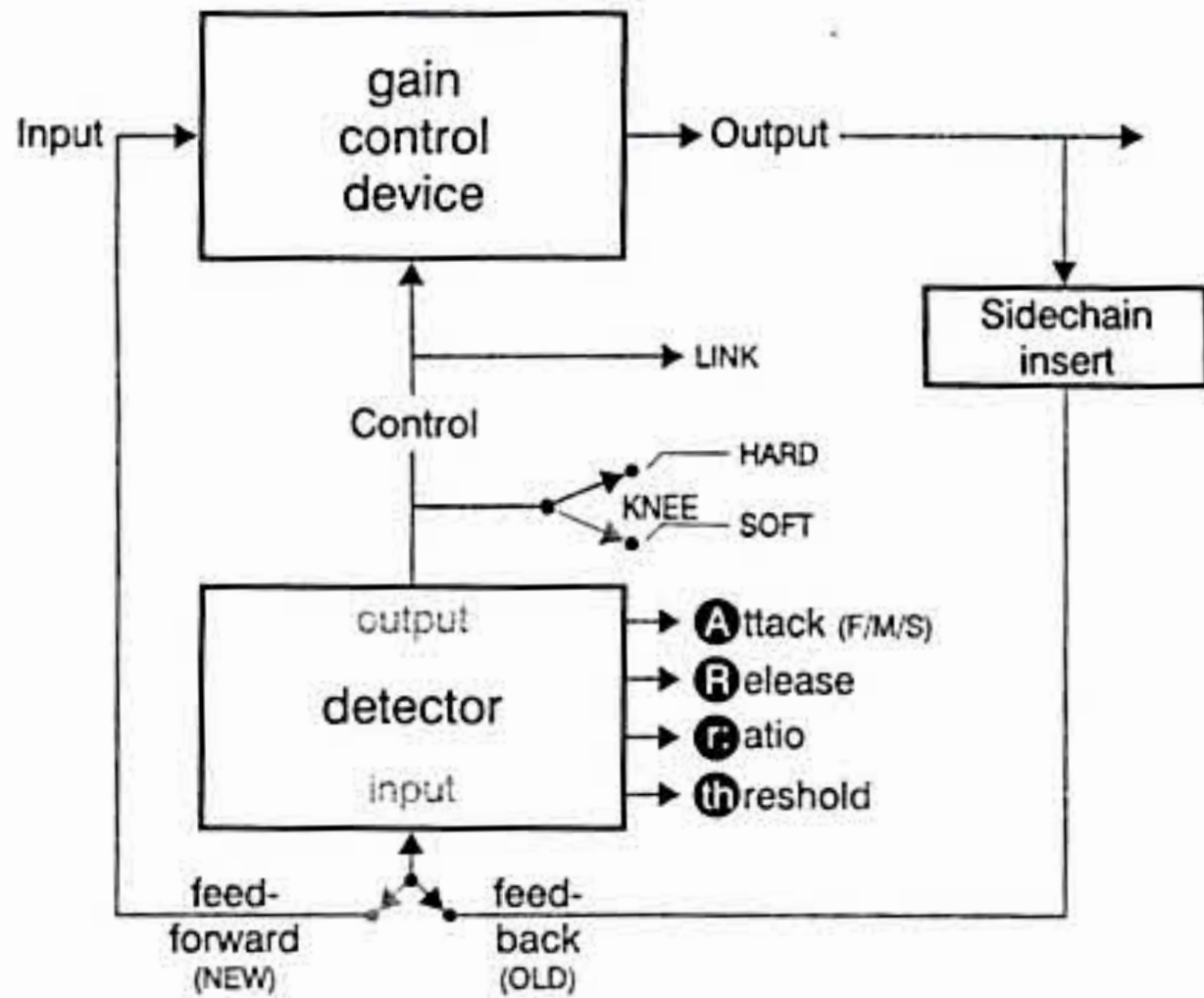
**gain control:** ρυθμίζει την ένταση του εξερχόμενου συμπιεσμένου σήματος.

**hard/soft knee:** με την επιλογή soft knee, όπως

**Stereo linking:** εμφανίζεται στους στερεοφωνικούς συμπιεστές. Είναι μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες για την mastering συμπίεση. Με αυτήν την επιλογή επιτυγχάνεται η ίδια μείωση έντασης και για τα δύο κανάλια του στερεοφωνικού σήματος, χωρίς να επηρεάζεται η στερεοφωνική εικόνα κατά την συμπίεση.

**RMS /Peak sensing:** σε πολλούς συμπιεστές δρομολογείται πριν τη συμπίεση ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα ανίχνευσης και μέτρησης του σήματος, το λεγόμενο sidechain, όπου η συμπίεση γίνεται σύμφωνα με το σήμα εξόδου του κυκλώματος αυτού. Σε πολλούς συμπιεστές υπάρχει και η επιλογή RMS /Peak sensing. Με την επιλογή RMS sensing ο μετρητής sidechain ανιχνεύει το μέσο όρο των RMS εντάσεων, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να μειώνει το δυναμικό εύρος της θεωρητικά αντικειμενικής δυναμικής που αντιλαμβάνεται και ο άνθρωπος. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μία πιο φυσική συμπίεση του συνόλου.

Με την επιλογή Peak sensing ο μετρητής sidechain αντιδρά όπως και ένας μετρητής κορυφής, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να επεμβαίνει και στα πιο σύντομα σε διάρκεια δείγματα. Με την επιλογή peak sensing υπάρχει ο φόβος μίας πιο αφύσικης συμπίεσης αλλά παράλληλα μειώνεται και πιο



Σχήμα 5.16 Η δρομολόγηση του side chain σε έναν συμπιεστή.

αποτελεσματικά το δυναμικό εύρος των κορυφών.<sup>67</sup>

Επίσης σε πολλούς συμπιεστές μέσω του sidechain insert προσφέρεται η δυνατότητα ελέγχου της συμπίεσης σύμφωνα με τις στάθμες του σήματος που δρομολογείται στο sidechain και όχι από το σήμα που οδηγείται στο input του συμπιεστή.

## Προτεινόμενες ρυθμίσεις συμπίεσης στο mastering

Οι ακραίες ρυθμίσεις του συμπιεστή τις περισσότερες φορές επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα στο σήμα. Για παράδειγμα, το πολύ χαμηλό threshold με πολύ υψηλό ratio κάνει το ηχητικό προϊόν να κυμαίνεται σε ένα συνεχές επίπεδο, χάνοντας όλη του την δυναμική αξία. Το πολύ γρήγορο attack μπορεί να εξομαλύνει τις αιφνίδιες μεταβολές της τάσης, που εμφανίζονται κατά κύριο λόγο από τα κρουστά και ιδιαίτερα από το ταμπούρο, μειώνοντας όμως την κύρια ενέργεια αυτών των οργάνων. Εάν το release είναι πολύ αργό, τότε ο συμπιεστής δεν θα προλαβαίνει να επαναφέρει όσα σήματα είναι μικρότερα του threshold στην φυσική τους ένταση. Από την άλλη μεριά εάν το release είναι πολύ γρήγορο, το σήμα παραμορφώνει. Γενικά οι ισορροπημένες τιμές στον συμπιεστή επιφέρουν και την πιο ομαλή και φυσική συμπίεση στον ήχο, ιδιαίτερα στην περίπτωση του mastering όπου η συμπίεση αφορά ολόκληρο το μουσικό υλικό.<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 118 & Δημήτρης Δώδης, *Ηχοληψία: Η δημιουργία με την σύγχρονη τεχνολογία*, (Αθήνα, εκδόσεις, "ΙΩΝ", 2001, σελ.493 & Paul White <http://www.soundonsound.com/sos/nov06/articles/sidechain.htm>, 25/02/10 & Eddie Ciletti and David Hill [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ZBZj0dhv\\_1gJ:www.tangible-technology.com/dynamics/comp\\_lim\\_ec\\_dh\\_pw2.html+AN+OVERVIEW+OF+COMPRESSOR++LIMITERS+AND+THEIR+GUTS&cd=1&hl=el&ct=clnk&gl=gr,10/03/2010](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ZBZj0dhv_1gJ:www.tangible-technology.com/dynamics/comp_lim_ec_dh_pw2.html+AN+OVERVIEW+OF+COMPRESSOR++LIMITERS+AND+THEIR+GUTS&cd=1&hl=el&ct=clnk&gl=gr,10/03/2010)

<sup>68</sup> Bob Katz, *The secret of mastering engineer*, booklet t.c electronic

Παρακάτω δίνονται κάποιες προτεινόμενες ρυθμίσεις συμπίεσης, τόσο για τον έλεγχο των κορυφών, όσο και του συνόλου.

Για τον έλεγχο των κορυφών προσεγγίζεται η τιμή του threshold λίγο πιο πάνω από τον μέσο όρο των RMS εντάσεων, ώστε να αποφεύγεται η συμπίεση και του γενικότερου δυναμικού εύρους. Η αναλογία μείωσης της έντασης των κορυφών συνηθίζεται με το ratio σχετικά υψηλό πάνω από 2:1, ενώ για πιο ακριβή έλεγχο και των πιο σύντομων κορυφών βοηθάει η επιλογή hard -knee και peak-sensing συμπίεσης.

Σε περίπτωση που χρειάζεται συμπίεση ολόκληρη η μίξη για την πιο ομαλή μείωση του συνολικού δυναμικού της εύρους, το ratio συνηθίζεται να είναι σε χαμηλά επίπεδα 1.1:1 με 1.4:1 και το threshold 25 με 30 dB κάτω από την μέση τιμή των εντάσεων των κορυφών. Οι τιμές attack και release γενικά είναι καλό να είναι ισορροπημένες μεταξύ τους, περίπου γύρω στα 250 ms.<sup>69</sup>

### 5.7.2 Multi-band συμπίεση

Το πιο σύνηθες πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά την συμπίεση του συνόλου είναι η ανομοιομορφη και άσκοπη μείωση της περιοχής των υψηλών και μεσαίων συχνοτήτων. Αυτό συμβαίνει γιατί η μεγαλύτερη ενέργεια βρίσκεται στις χαμηλές συχνότητες, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να ενεργοποιείται κυρίως σύμφωνα με τις δυναμικές των μπάσων οργάνων. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός στιγμιαίου δυνατού χτυπήματος της κάσας ή και του μπάσου, με την ενεργοποίηση του συμπιεστή θα μειωθεί η ένταση του συνόλου σε αυτό το χρονικό σημείο, προκαλώντας αναπόφευκτα και την άσκοπη μείωση της έντασης των πιο υψηλών περιοχών.<sup>70</sup>

Επίσης με την συμπίεση αναδεικνύονται οι εσωτερικές φωνές του μουσικού υλικού. Τα όργανα τα οποία ήταν στο βάθος του συνόλου έρχονται μπροστά και οι φυσικές δυναμικές, το βάθος, το πλάτος και ο χώρος υποβαθμίζονται. Δεν πρέπει όμως κάθε όργανο να ακούγεται μπροστά.<sup>71</sup>

Για την αποφυγή και τον καλύτερο έλεγχο όλων αυτών των φαινομένων κατά την συμπίεση στο mastering χρησιμοποιείται συνήθως η Multi-band συμπίεση. Με την δυνατότητα διαφορετικών ρυθμίσεων για κάθε περιοχή ξεχωριστά, ο multiband συμπιεστής επιτρέπει τον ακόμα καλύτερο έλεγχο

---

<sup>69</sup> Paul White, "ADVANCED COMPRESSION TECHNIQUES", <http://www.soundonsound.com/sos/jan01/articles/advanced.asp>, Published in SOS January 2001, 25/02/10

<sup>70</sup> Paul White, "ADVANCED COMPRESSION TECHNIQUES", <http://www.soundonsound.com/sos/jan01/articles/advanced.asp>, Published in SOS January 2001, 25/02/10

<sup>71</sup> Bob Katz, *The secret of mastering engineer*, booklet t.c electronic

των κορυφών. Επιλέον μπορεί να αναδείξει ορισμένα στοιχεία της μίξης που αρχικά φαίνονταν αδύναμα, όπως το μπάσο, η κάσα, η φωνή, οι κιθάρες, το ταμπούρο κ.ο.κ., αλλάζοντας ριζικά την τονικότητα της μίξης. Για παράδειγμα οι ήχοι σύντομης διάρκειας – συνήθως κρουστοί - περιέχουν περισσότερη ενέργεια υψηλών συχνοτήτων. Έτσι με διακριτική συμπίεση στις υψηλές συχνότητες- το οποίο επιτυγχάνεται με πολύ υψηλό threshold και χαμηλό ratio- οι εφήμεροι ήχοι γίνονται πιο αισθητοί, ενώ παράλληλα τονίζεται και το sustain των ήχων μεγαλύτερης διάρκειας. Σε μία άλλη περίπτωση πιο έντονης συμπίεσης στην περιοχή των μεσαίων συχνοτήτων, θα ενισχυόταν η παρουσία των φωνητικών ή πιο απλά με την αύξηση του gain control στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων, θα ενισχυόταν η παρουσία του μπάσου κλπ.<sup>72</sup>

### **5.7.3 Ο «πόλεμος» των εντάσεων**

Ένα υψηλότερο επίπεδο έντασης επιτρέπει στο ανθρώπινο αυτί να αποδεσμεύει πιο εύκολα τον ήχο από τους φυσικούς θορύβους, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η ψευδαίσθηση πως «ακούγεται καλύτερα». Είχε παρατηρηθεί τη δεκαετία του '60 πως οι ακροατές ψάχνοντας ένα ραδιοφωνικό σταθμό για να συντονιστούν, είχαν την τάση να σταματούν σε σταθμούς με υψηλότερο επίπεδο έντασης. Όταν ερωτηθήκαν το γιατί, απάντησαν πως αυτοί οι σταθμοί ακουγόntonταν καλύτερα σε σχέση με τους άλλους.<sup>73</sup>

Με αυτό το σκεπτικό ξεκίνησε και ο «πόλεμος» των εντάσεων στην μουσική βιομηχανία, θεωρώντας ότι οι δισκογραφικές εταιρίες θα έχουν μεγαλύτερη επιτυχία σε παραγωγές που ακούγονται πιο δυνατά. Έτσι υιοθετήθηκαν από τους τεχνικούς mastering τεχνικές αύξησης της συνολικής έντασης των κομματιών. Αυτές οι τεχνικές βασίζονταν στον περιορισμό του συνολικού δυναμικού εύρους και των κορυφών, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της γενικότερης έντασης, χωρίς το σήμα να παραμορφώνει. Αυτό είχε και έχει έως και σήμερα την συνέπεια ενδυνάμωσης της έντασης χρόνο με το χρόνο, και παράλληλα την όλο και μεγαλύτερη μείωση του δυναμικού εύρους των κομματιών. Το τελευταίο βοηθήθηκε και από τον σύγχρονο τρόπο διασκέδασης, που είναι συνυφασμένος με την παρατεταμένη έκθεση σε δυνατή μουσική, η οποία προκαλεί απώλεια ακοής. Αυτό οδηγεί τον περισσότερο κόσμο σε μια προτίμηση του συμπιεσμένου ήχου, λόγω του ότι οι διαφορές στις δυναμικές της μουσικής ενοχλούν την τραυ-

---

<sup>72</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 126

<sup>73</sup> Dominique Bassal, "The Practice of Mastering - 1 : History" <http://www.macmusic.org/articles/view.php/lang/en/id/91/The-Practice-of-Mastering-1-History>, 12/11/2009

ματισμένη ακοή. Συνεπώς δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος μεγαλύτερης έντασης και περαιτέρω απώλειας ακοής.<sup>74</sup>

Οι κυματομορφές που απεικονίζονται στα σχήματα 5.17 και 5.18 έχουν κυκλοφορήσει σε διαφορετική δεκαετία και έχουν επεξεργασθεί από τον ίδιο μηχανικό mastering, αποδεικνύοντας έτσι την τάση των τελευταίων δεκαετιών για την αυξανόμενη ένταση.

Οι κυματομορφές που παρουσιάζονται στα σχήματα 5.19 και 5.20 αντιστοιχούν σε ένα κομμάτι που κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1990 και επανακυκλοφόρησε με remastering επεξεργασία μετά από 7 χρόνια. Παρατηρείται πως οι σύγχρονες απαιτήσεις του ακροατή οδηγούν το τελικό προϊόν να δέχεται τόση επεξεργασία, που στο αποτέλεσμα του να κυριαρχεί η ένταση και η παραμόρφωση.



Σχήμα 5.17 Η κυματομορφή του τραγουδιού "Heart Shaped Box" των Nirvana (In Utero, DGC Records, 1993) Bob Ludwig, Gateway Mastering. Highest average RMS level -6.3 dBFS / Maximum peak level -0.09 dBFS.



Σχήμα 5.19 Η κυματομορφή του τραγουδιού Search and Destroy των Stooges (Raw Power, Columbia Records, 1990 CD release). No mastering credit. Highest average RMS level -12.9 dBFS / Maximum peak level -1.7 dBFS.

<sup>74</sup> Bob Katz, The secret of mastering engineer, booklet t.c electronic & [http://mixonline.com/mag/audio\\_big\\_squeeze/](http://mixonline.com/mag/audio_big_squeeze/), 25/03/2010



Σχήμα 5.18 Η κυματομορφή του τραγουδιού “Dollars And Cents” των Radiohead (Amnesiac, Capitol Records 2001) Bob Ludwig, Gateway Mastering. Highest average RMS level -12.7 dBFS / Maximum peak level -0.2 dBFS.

#### 5.7.4 Τεχνικές μεγιστοποίησης της έντασης

Η τεχνική μεγιστοποίησης της έντασης εξαρτάται στο μεγαλύτερο της μέρος από το είδος της μουσικής. Κάποια μουσικά ιδιώματα έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό το ευρύ δυναμικό πλάτος, όπως η κλασική ή jazz μουσική και κάποια άλλα τη δύναμη και την παραμόρφωση, όπως η rock. Γενικά όμως ανεξάρτητα με το είδος, η μουσική αγορά σήμερα απαιτεί υψηλότερες εντάσεις από τις παλαιότερες παραγωγές.

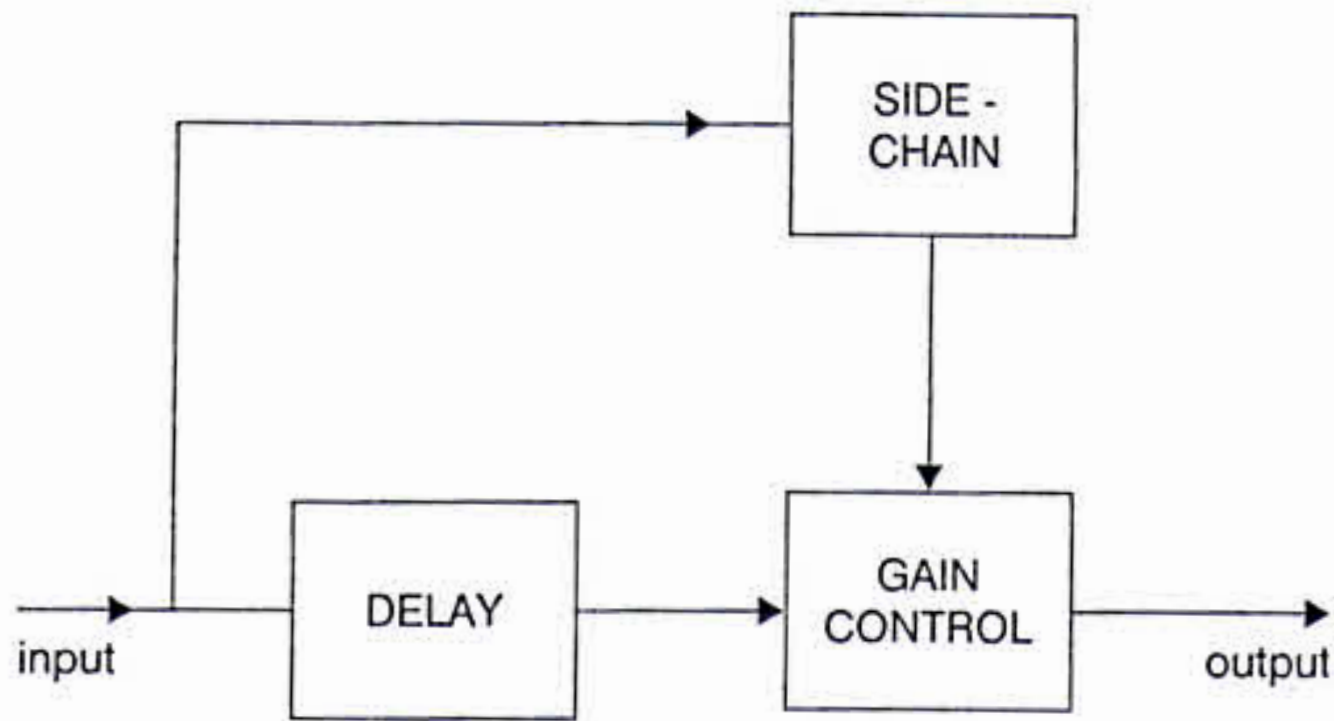
Η μεγιστοποίηση της έντασης κυρίως επιτυγχάνεται με την υπερσυμπίεση του υλικού και τη συνολική αύξηση στην έξοδο του. Η βασική λογική της υπερσυμπίεσης είναι η ισοπέδωση των εντάσεων στα πιο δυνατά σήματα, πλησιάζοντας τα επίπεδα της έντασης των πιο αδύναμων. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το συνολικό δυναμικό εύρος του κομματιού και δίνεται μεγαλύτερο περιθώριο στην συνολική αύξηση της έντασης, χωρίς το σήμα να ξεπερνάει το όριο των 0dBFS. Η κύρια τεχνική που χρησιμοποιείται στο mastering για την μεγιστοποίηση της συνολικής έντασης βασίζεται στο limiting.

Το limiting πρακτικά είναι μία συμπίεση με πάρα πολύ υψηλό ratio - γενικά πάνω από 10:1 μέχρι και 00: 1- και πολύ γρήγορο attack. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, όταν το σήμα φτάσει στην τιμή του threshold, να σταθεροποιείται σε αυτό το επίπεδο έντασης. Αυτού του είδους η συμπίεση πρωτοεμφανίστηκε στο ραδιόφωνο για την προστασία των πομπών από τα δυνατά σήματα. Στο mastering χρησιμοποιείται για την μεγιστοποίηση της έντασης. Με το limiting υπάρχει η δυνατότητα αύξησης του gain control, που σημαίνει παράλληλα και αύξηση της αντικειμενικής έντασης του κομματιού, μέχρι και το σήμα να μην ξεπερνάει τα 0dBFS (clipping). Για την αποτελεσματικότερη αποφυγή του clipping, ο limiter θα πρέπει να αντιδράει πάρα πολύ γρήγορα, ώστε να προλαβαίνει την ισοπέδωση και των πιο σύντομων κορυφών. Στην πραγματικότητα ένας αναλογικός limiter, όσο γρήγορο attack και αν έχει, μια καθυστέρηση στην αντίδραση του είναι αναπόφευκτη. Φυσικά κάποια clips δεν γίνονται αντιληπτά από τον άνθρωπο και μπορούν να αγνοηθούν. Η διάρκεια τους όμως θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα σύντομη, γιατί ακόμα και οι κορυφές που δεν είναι αντιληπτές στο ανθρώπινο αυτί μπορεί να μεταφραστούν σε παραμόρφωση κατά την βιομηχανική τύπωση του CD.

Κάποιοι ψηφιακοί limiters ρυθμίζονται με σκοπό να επιτρέπουν σήματα μικρής διάρκειας να ξεπερνούν τα 0dBFS (soft clipping). Η διάρκεια αυτών των σημάτων όμως δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 1ms, το οποίο στο sample rate του CD αντιστοιχεί σε 44 συνεχόμενα peak.<sup>75</sup>

---

<sup>75</sup> Paul White, "ADVANCED COMPRESSION TECHNIQUES", <http://www.soundonsound.com/sos/jan01/articles/advanced.asp>, Published in SOS January 2001, 25/02/10

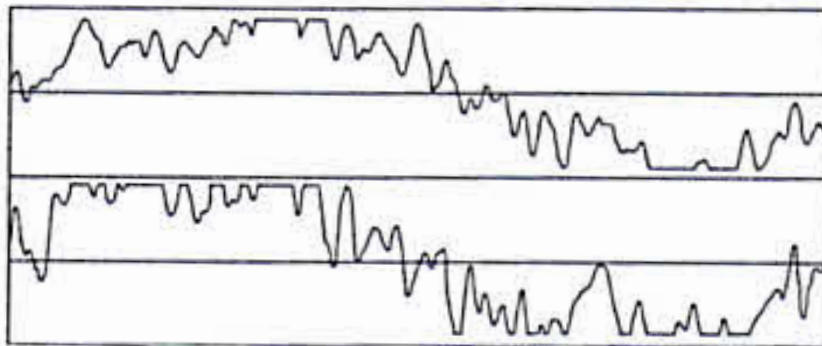


Σχήμα 5.21 Η δρομολόγηση του side-chain στον limiter.

Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή μίας πολύ μικρής καθυστέρησης στο εισερχόμενο σήμα - της τάξεως των 3-4 ms- και την δρομολόγησή του στο side-chain κυκλώματος, πριν αυτό φτάσει στο gain control. Λόγω του ότι αναγνωρίζεται το σήμα πριν αυτό επεξεργασθεί, αυτού του είδους η συμπίεση αποκαλείται και 'look ahead' συμπίεση.

Για αυτόν τον λόγο από πολλούς τεχνικούς χρησιμοποιείται και μία πιο πρόσφατη τεχνική το digital "BRICKWALL" limiting. Είναι μία ψηφιακή υπερσυμπίεση, που για να προλάβει τον πραγματικό χρόνο του σήματος, διαβάζει το εισερχόμενο σήμα πριν φτάσει στο gain

Σε μερικές περιπτώσεις για την αύξηση της έντασης ενός κομματιού χρησιμοποιείται και μία τεχνική που βασίζεται στην σκόπιμη παραμόρφωση του σήματος και αποκαλείται ως clipping.<sup>76</sup> Έχει παρατηρηθεί με ψυχοακουστικά τεστ πως το παραμορφωμένο σήμα ο ανθρώπινος εγκέφαλος το μεταφράζει ως σήμα δυνατής έντασης. Βάσει αυτής της λογικής, αυτή η τεχνική πραγματοποιείται με την υπερφόρτωση του αναλογικού σήματος σε ένα A/D μετατροπέα, έχοντας ως αποτέλεσμα το αναπόφευκτο κλιπάρισμα του σήματος κατά την έξοδο του. Έτσι αυξάνεται η γενικότερη έντα-



Σχήμα 5.22 Η ψηφιακή κυματομορφή του 'Search and Destroy' των Stooges

ση και μειώνεται το δυναμικό εύρος, καθώς όλα τα σήματα που υπερβαίνουν τα 0 dBFS ισοπεδώνονται, δημιουργώντας παραμόρφωση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τεχνικής είναι το remastering που εφαρμόστηκε στο τραγούδι 'Search and Destroy' των Stooges.

<sup>76</sup> <http://www.chicagomasteringservice.com/loudness.html>, 15/03/10



Σχήμα 5.23 Ενδεικτικά επίπεδα rms τιμών, που έχουν επικρατήσει στην σύγχρονη μουσική βιομηχανία, ανάλογα με το μουσικό ιδίωμα. (Steinberg Audio Mastering Tutorial VOL-II, (Steinberg, 2007)

τερο, δεδομένου ότι στην επεξεργασία αυτού προστίθεται και εκείνη του ραδιοφώνου, με αποτέλεσμα το υπερβολικό compression και limiting.

### 5.7.5 Δυναμική επεξεργασία στο ραδιόφωνο

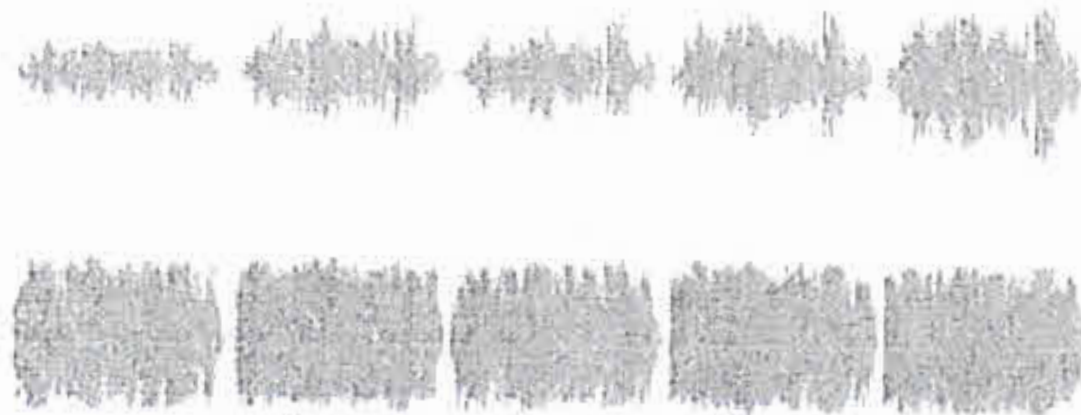
Όλα τα κομμάτια που εκπέμπουν από το ραδιόφωνο είναι εξαιρετικά επεξεργασμένα με αποτέλεσμα οποιοδήποτε είδος να ακούγεται με την ίδια δυναμική. Το mastering που οδηγείται στην υπερβολική επεξεργασία των δυναμικών με σκοπό να πλησιάσει το ραδιοφωνικό ήχο μπορεί να ακουστεί πολύ χειρό-

Σε μία τυπική αλυσίδα επεξεργασίας στο ραδιόφωνο, όπως ο ραδιοφωνικός επεξεργαστής του Bob Orban, το σήμα περνάει πρώτα από ένα phase rotator. Ακολουθεί σε μερικές περιπτώσεις ένας στερεοφωνικός εμπλουτισμός (stereo enhancement) και στο επόμενο στάδιο γίνεται η ισοστάθμιση του σήματος, με κύριο σκοπό να δώσει στο σύνολο την αίσθηση ότι ακούγεται από κάποιο δωμάτιο σπιτιού. Στην συνέχεια το σήμα δέχεται multiband δυναμική επεξεργασία (συνήθως έξι περιοχών), που βασίζεται σε μία συνεργασία από compressors και limiters. Για την μείωση της αίσθησης του θορύβου, που δημιουργείται κατά την διαμόρφωση των FM, το σήμα δέχεται ακολούθως μία επεξεργασία σταδιακής ενίσχυσης συχνοτήτων ανά οκτάβα (pre-emphasis), η οποία μεταφράζεται μέχρι και +17 dB στα 15KHz. Για τον έλεγχο αυτής της ενίσχυσης που δέχεται το σήμα ακολουθεί μία high frequency limiting επεξεργασία, μειώνοντας έτσι αισθητά το δυναμικό εύρος των υψηλών συχνοτήτων. Τέλος γίνεται και ο έλεγχος όλων των κορυφών του σήματος μέσω ενός peak limiter.<sup>77</sup>

Είναι εμφανές, από το σχήμα 5.24, ότι άσχετα με την αρχική ένταση, όλες οι κυματομορφές αναπαράγονται στα ίδια επίπεδα έντασης μετά την

---

<sup>77</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 275-277 & Pre-emphasis (FM) explained [http://www.claessonnedwards.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72&Itemid=89](http://www.claessonnedwards.com/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=89), 10/04/2010



Σχήμα 5.24 Στην πάνω πλευρά του σχήματος παρουσιάζονται πέντε κυματομορφές από το ίδιο μουσικό υλικό με διαφορά μόνο στην ένταση. Κάτω παρουσιάζονται οι αντίστοιχες κυματομορφές που έχουν περάσει μέσα από τον επεξεργαστή του Bob Orban. (Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 271

project τα peak των κρουστών είναι 8 dB παραπάνω από το μέσο όρο έντασης της φωνής, στα σημεία των peak η φωνή θα χαμηλώνει αισθητά. Για να προβλεφθούν αυτά τα τεχνικά προβλήματα, το τελικό προϊόν δεν θα πρέπει να δεχθεί υπερβολική συμπίεση, ή θα πρέπει -αν υπάρχει η δυνατότητα- να δοκιμασθεί σε μία προσομοίωση ραδιοφωνικής επεξεργασίας.<sup>78</sup>

ραδιοφωνική επεξεργασία. Λόγω όλης αυτής της επεξεργασίας η τυχόν συσσώρευση μεγάλης ενέργειας υπόηχων έχει σαν αποτέλεσμα τη δυσλειτουργική συμπεριφορά του συμπιεστή του ραδιοφώνου. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζονται και τα peak των κρουστών, λόγω του ότι στη ραδιοφωνική επεξεργασία χρησιμοποιείται συνήθως αργό release time. Για παράδειγμα, αν σε κάποιο

## 5.8 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ALBUM – PQ LIST

Πλέον το κάθε κομμάτι έχει έρθει στην τελική του μορφή όσον αφορά το ηχητικό του περιεχόμενο. Ένα όμως πετυχημένο άλμπουμ δεν βασίζεται μεμονωμένα σε κάθε κομμάτι αλλά στην γενικότερη αίσθηση που προκαλεί καθ'όλη τη διάρκεια της ακρόασης του. Η αλληλουχία ενός άλμπουμ προϋποθέτει προσαρμογή των εντάσεων σε κάθε κομμάτι, ομαλή ρύθμιση των fades και δημιουργία των παύσεων μεταξύ των κομματιών.

Η προσαρμογή των εντάσεων επιτυγχάνεται κυρίως με την κατά μέσο όρο ένταση που κρίνει το ανθρώπινο αυτί και όχι με βάση την μέτρηση των εντάσεων του κομματιού. Για παράδειγμα το Normalization δεν ενδείκνυται για την προσαρμογή της έντασης των κομματιών. Με αυτήν τη διαδικασία γίνεται η ανίχνευση του υψηλότερου peak και η αύξηση της γενικότερης

---

<sup>78</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), σελ 278 & Bob Katz, *The secret of mastering engineer*, booklet t.c electronic