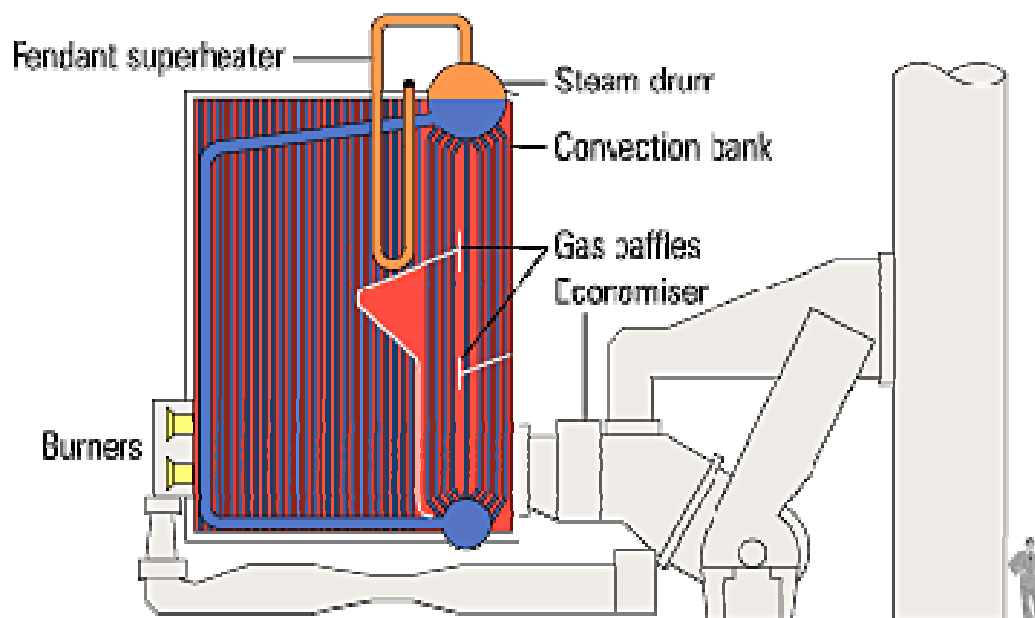


2.3 דוד צינורות מים – סיווג ומבנה

דודי צינורות מים נבדלים מדודי צינורות עשן בכך שבהם המים זורמים בתוך הצינורות בשעה שמקור החום מקיף את הצינורות מבחוץ .
אם נזכר בנוסחה לחישוב גלילים דקי דופן נראה שהמשמעות של הקטנת הקוטר (קוטר הצינור לעומת קוטר התוף) כאשר משתמשים באותו סוג פלדה ובאותו עובי דופן ניתן לקבל לחץ פנימי הרבה יותר גדול .

דודי צינורות מים מסוגלים לספק קיטור בספיקה מעל 500 ק"ג לשניה בלחץ המגיע עד ל 160 בר ובטמפרטורה העולה על 550 מעלות צלסיוס .

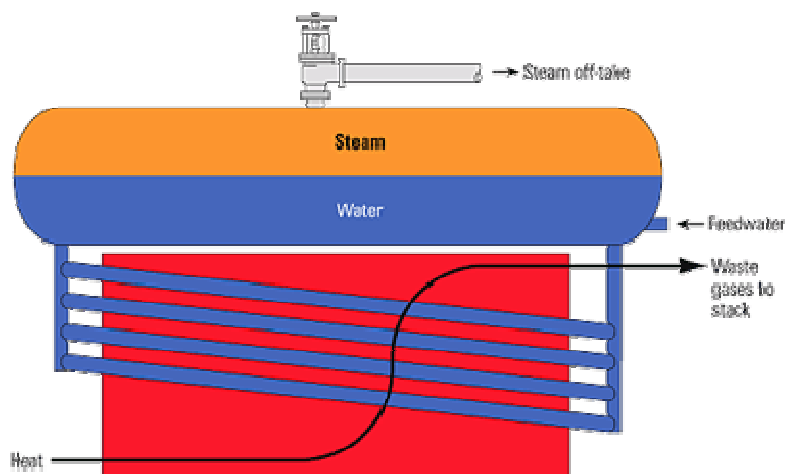
דודי צינורות מים מיוצרים ממגוון גדלים החל מגודל של דודי צינורות עשן ועד למבנים המתנשאים לגובה של 100 מטר



סיווג דודי צינורות מים :

מיקום התוף – אורכי או צולב
צורת סחרור המים – טבעי או מאולץ .
מספר תופים .
הספק בטון קיטור לשעה .
מהלך גזי השריפה

מספר הטיפוסים של דודי צינורות מים רב מאוד אף שיטת סיווג אינה מקיפה באופן הגיוני את כל הסוגים



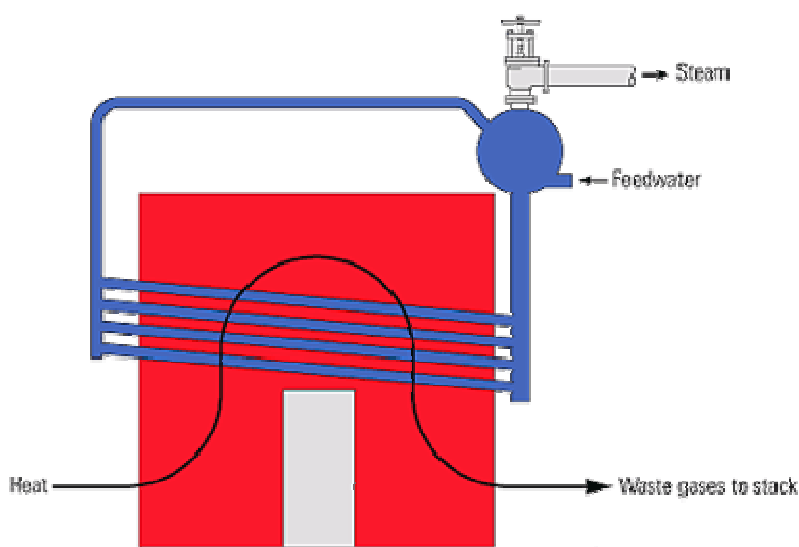
מיקום התוף

תוף מקביל Longitudinal drum boiler

התוף מוצב במקביל לכיוון הזרימה של גזי השריפה, דודי צינורות המים הראשונים צוידו בתוף אורכי, ספיקות מקובלות לתוף מהסוג הזה בין 2 ל 36 טון קיטור לשעה.

בתוך הדוד מתקיימת זרימה של המים אחורה.

צורת התקנה זו ידועה גם בשם "דוד יבשתי"



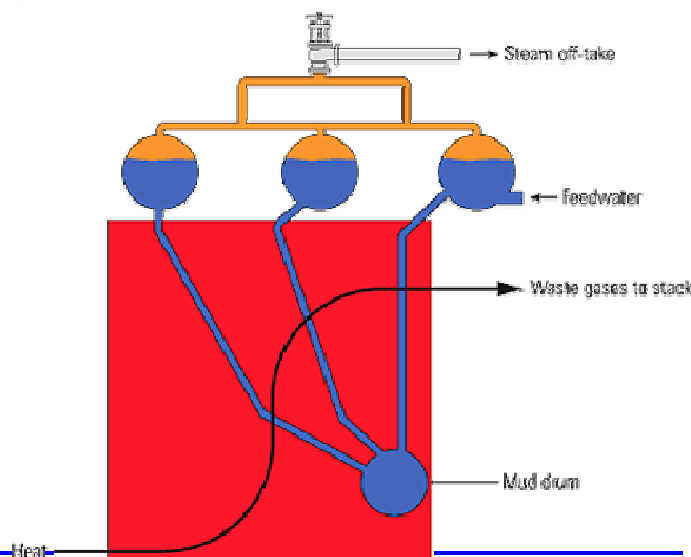
תוף ניצב Cross drum boiler

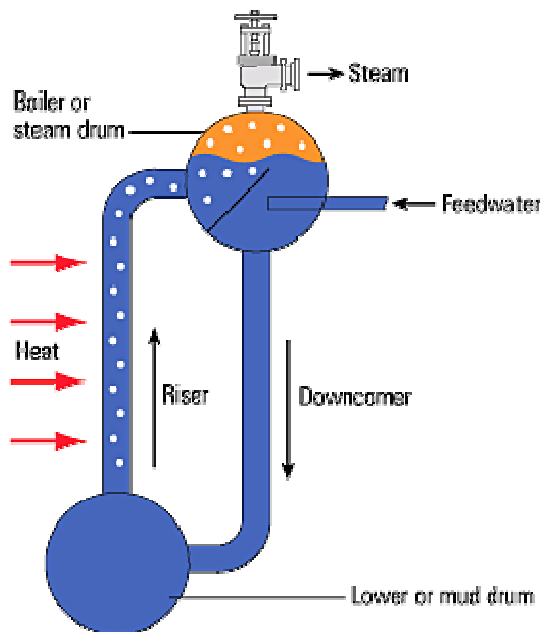
התוף ממוקם בניצב לכיוון הזרימה של גזי השריפה

באופן הצבה זה מתקבל פילוג טמפרטורות אחיד יותר בתוף ניצב מצד שני בדוודים מהסוג הזה עשויה להתעורר בעיה בעבודה בהספקים גבוהים כאשר הצינורות העליונים מתייבשים, מתחממים וכושלים הספקים מקובלים של דודים מהסוג הזה בים 0.7 ל 240 טון קיטור בשעה.

מספר התופים

כיוון נוסף להגדלת נצילות הדוד היה ע"י שילוב של מספר תופים ושימוש בצינורות מים מכופפים מה שמאפשר להגדיל את שטח מעבר החום ולסייע בתהליך של הסחרור הטבעי





צורת סחרור המים

סחרור טבעי:

מי הזנה קרים מוזנים לתוף, בשל משקל סגולי גבוה של המים הקרים מי ההזנה יורדים בצינור לכיוון תוף תחתון ודוחפים מים חמים לכיוון צנרת המים בחזית השריפה, בצנרת בחזית החימום יוצר בועות קיטור אשר בזכות הבדלי הצפיפות עולות במעלה הצינור בחזרה לתוף.

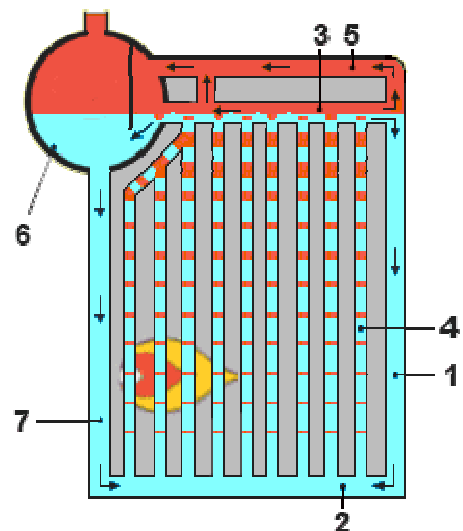
ואולם ככל שגדל הלחץ ההבדל בצפיפויות בין המים לקיטור הרווי קטן והסחרור קטן. על מנת לשמור על אותו היקף סחרור יש להגדיל את המרחק בין התופים או להפעיל משאבות לסחרור המים.

במרבית דודי צינורות מים הוא סחרור מים טבעי

חסרונות:

בזמן הפעלת דוד קר, הפרשי הטמפרטורות יוצרים מאמצים תרמים בדוד התנועה הטבעית איטית ומחייבת שימוש בעיצוב בעל התנגדות מינמלית לתנועה תנועה איטית של המים מקטינה את מעבר החום מהגזים למים ומגבילה את הספק החום הסגולי של הדוד. תנועה איטית מחייבת שימוש בצינורות גדולים ועבים, מה שמעלה את משקל הדוד ואת מחירו לכלוך במים משפיע לרעה על הזרימה יתרונות:

פועל באופן טבעי ואין צורך בציוד או בהוצאת אנרגיה לסחרור המים.



סחרור מאולץ

מתבצע בעזרת משאבות סחרור המותקנות בצינור היורד מהתוף לפני כניסת המים לתא השריפה.

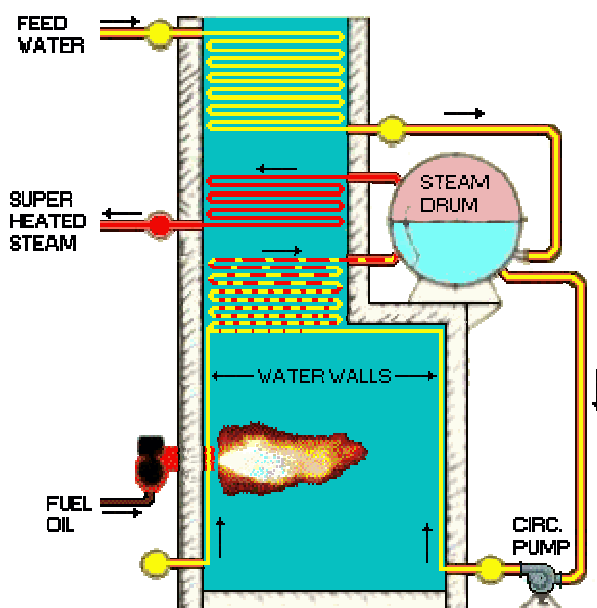
קימות שתי שיטות לסחרור מאולץ:

סחרור רב פעמי – כגון משאבת סחרור "למונט"

סחרור חד פעמי ע"י משאבת הזנה.

יתרונות:

שימוש בצינורות בעלי קוטר קטן בהרבה מזה שבסחרור טבעי, מסייע להקטנת המשקל והמחיר של הדוד. מאפשר להגדיל את מהירות המים בצינורות, מגדיל את מעבר החום ואת ההספק הסגולי.



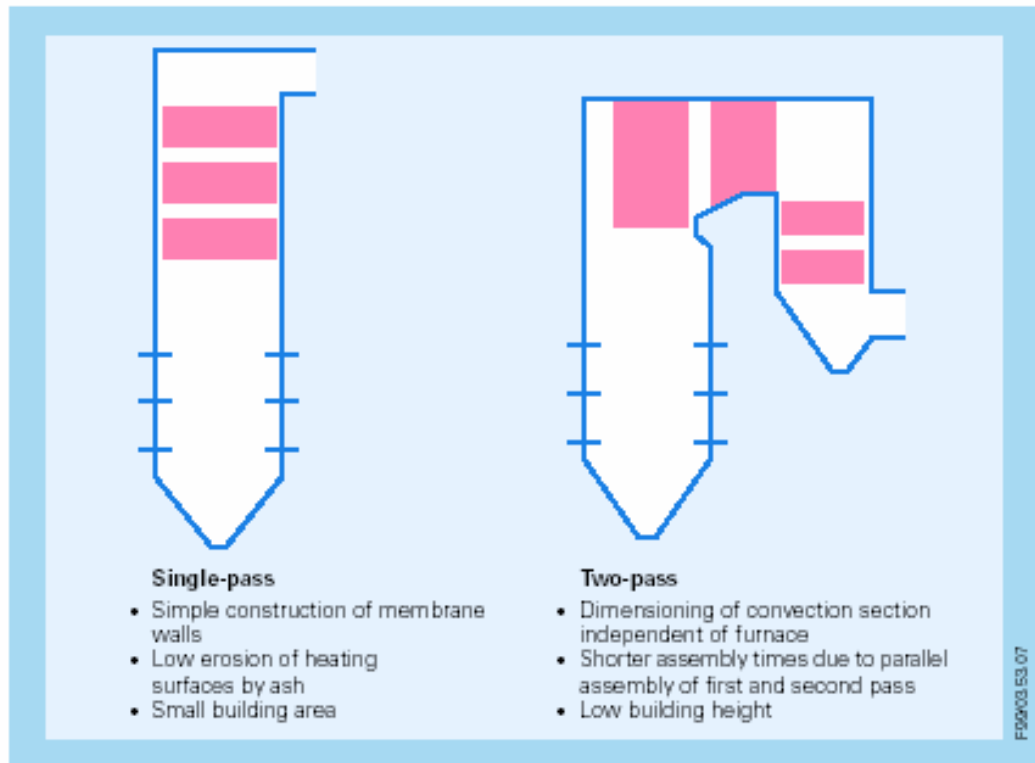
© Lars Josefsson

03/07/2008

מאת: יורם בלומנפלד

מהלך גזי השריפה בדוד

בדודי צינורות מים מבדילים בין דוד "פאי" בו גזי הבעירה עוברים בדוד בשני מהלכים לדוד "מגדל" בו גזי השריפה עוברים בדוד במהלך אחד בלבד



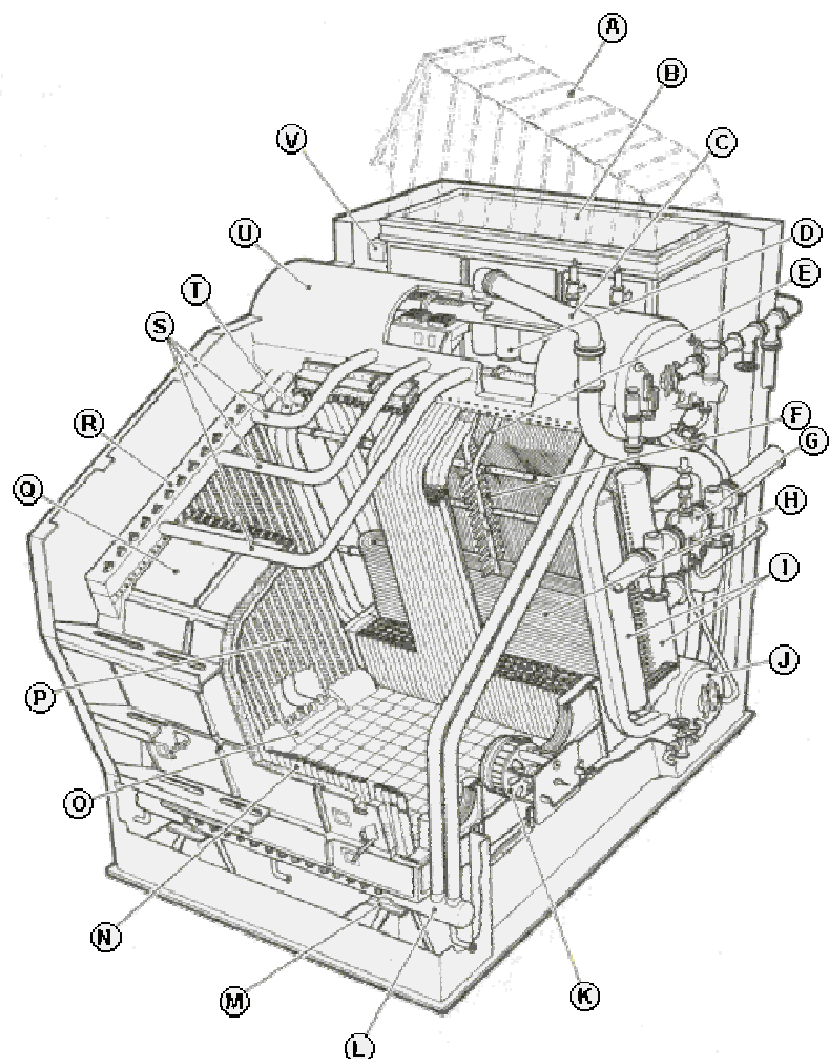
The two main configurations for the BENSON boiler to date are the single-pass and two-pass design

מבנה הדוד

חלקי הדוד העיקריים :

תא שריפה
תופים
צינורת מים
משחנים וחוסכים
מבערים
מחמם אוויר

- A. ארובה
- B. חוסך
- C. קו קיטור מהתוף למשחן
- D. מיבש קיטור ציקלוני
- E. Stay tube for superheater
- F. Stays for superheater tubes
- G. יציאת קיטור מהמשחן
- H. משחן
- I. מאספים של המשחן
- J. תוף מים תחתון
- K. מבער
- L. חלקן תחתון של קירות מים
- M. Foting
- N. קיר מים
- O. חלקן קירות מים
- P. קיר מים אחורי
- Q. פתחי כניסה
- R. מאסף קירות מים
- S. Riser
- T. Downcomer
- U. תוף
- V. חלקן חוסך



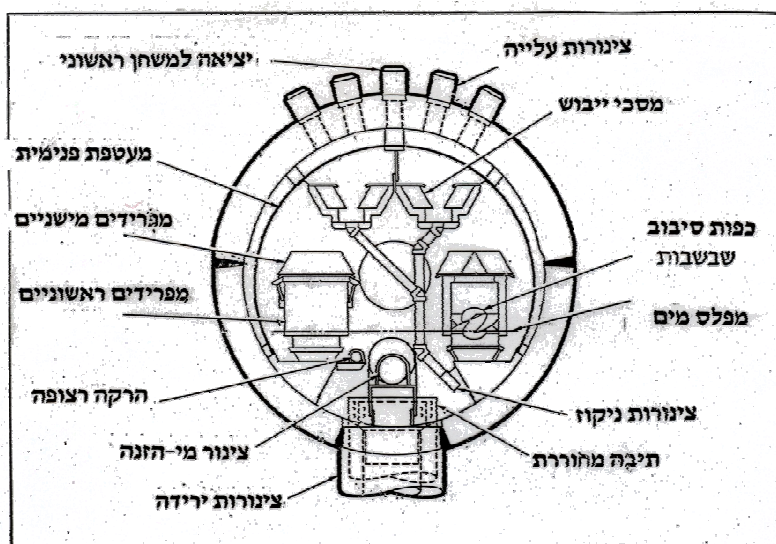
התוף ב

בדוד מותקנים שני תופים : תוף עליון ותוף תחתון ("תוף הדלח"), ישנם סוגי דודים בהם מותקנים מספר תופים עליונים .

התוף משמש כמאסף לצינורות ולחלקנים
צינור ירידה (Down comer) מחבר את התוף העליון לתוף התחתון .

בתוף העליון מותקנים אמצעים ליבוש הקיטור והפרקת המים מהקיטור.

בתוף תחתון ("תוף הדלח") הלכלוך במים שוקע ומצטבר בתחתית התוף, בד"כ התוף מצויד בשסתום ניקוז המאפשר לסלק מידי פעם את המשקעים הללו החוצה.



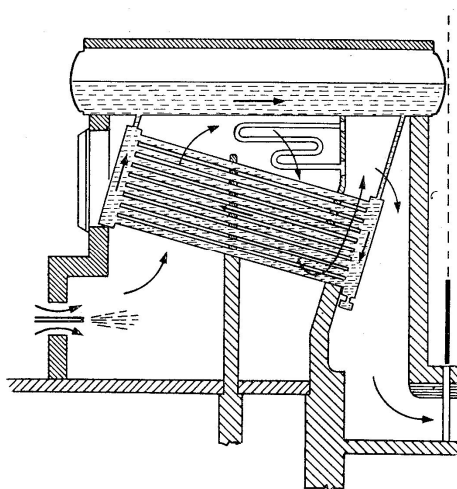
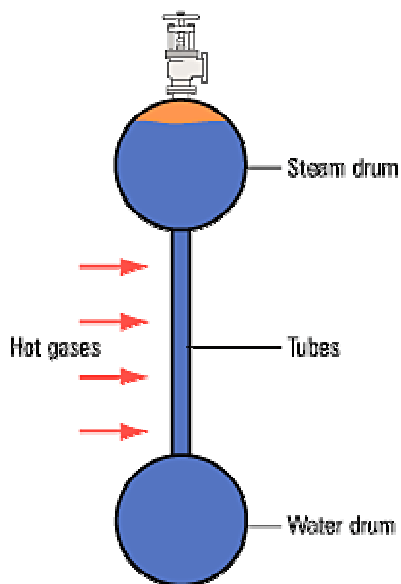
מבנה פנימי - תוף דוד קיטור, סחרור מאולץ

צינורות מים

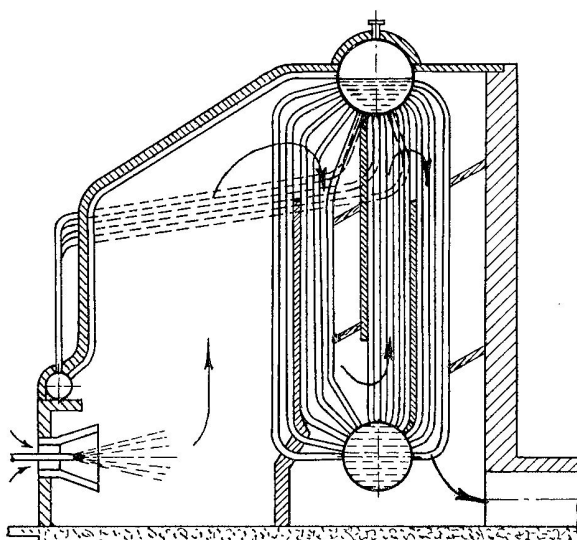
הפיכת המים לקיטור מתבצעת ב"מאייד", המאיידים מורכבים מצינורות , בד"כ בקוטר של כ" 2" המחוברים לתופים או לחלקנים המחוברים לתופים .
 בדודים ישנים כל הצינורות היו הצינורות ישרים , היום הצינורות מכופפים ומותאמים לצורת הדוד ולצורת החיבור לתופים .

הצינורות ערוכים בשלוש צורות אפשריות :

צינורות משופעים אשר במרווח בינם זורמים גזי השריפה ומעבר החום מתבצע בעזרת מנגנון של הסעה .
 דודי הקיטור הראשונים התבססו על צינורות ישרים ומשופעים .

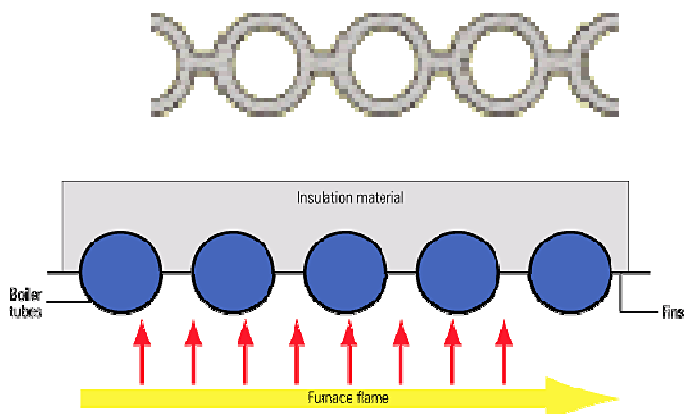


צינורות תלולים - התקנה אנכית של הצינורות המקובלת בדודים החדשים , ההתקנה האנכית מסייעת לתופעת הסחרור הטבעי של הקיטור והמים בתוך בצינור .



קירות מים - הצינורות מקיפים את אזור הלהבה ויוצרים שטח הסקה נוסף ומשמעותי .
 מעבר החום באזור זה מתבצע במנגנון של קרינה .
 מגע ישיר בין הלהבה לצינורות המים היה עשוי לגרום לשחיקה וכשל של הצינורות.

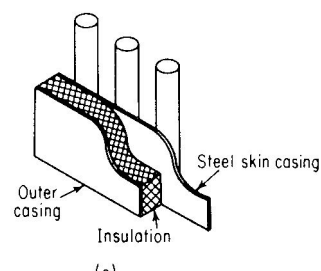
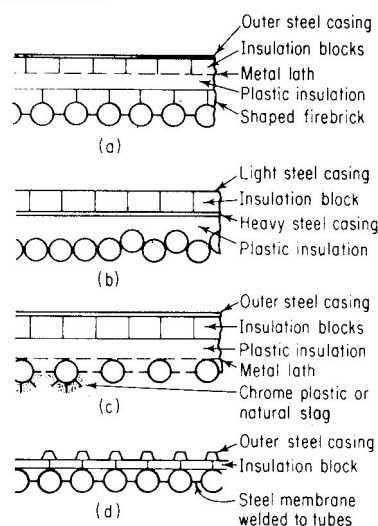
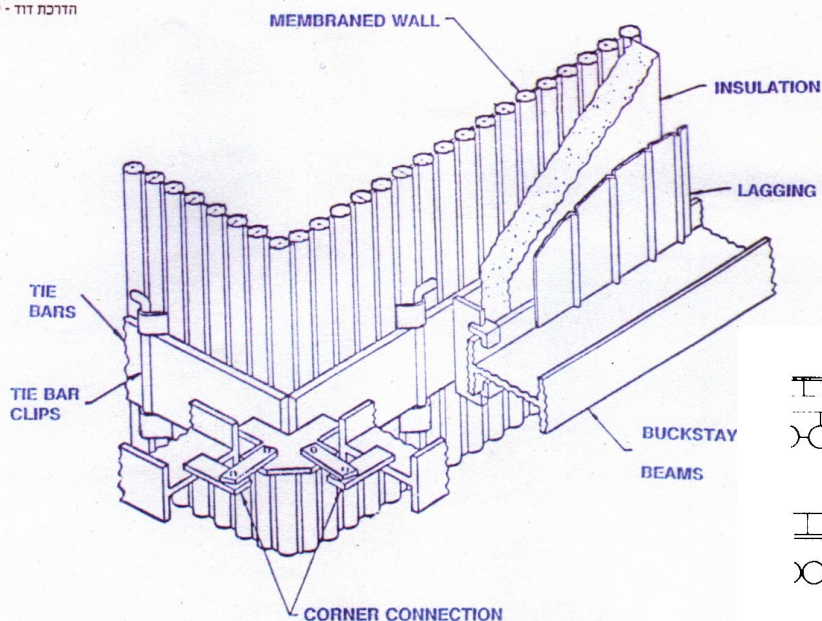
על מנת לסייע בספיגת הקרינה והעברת החום למים משתמשים בצינורות להם יש צלעות. הספקי הקיטור באזור הקרינה מגיע ל 200 ק"ג קיטור למ"ר לשעה (הרבה הודות לשימוש בחוסך ובמי הזנה בטמפרטורה גבוהה).



הדרכת דוד - קיטור תחנה"כ רוטנברג יח' 3-4

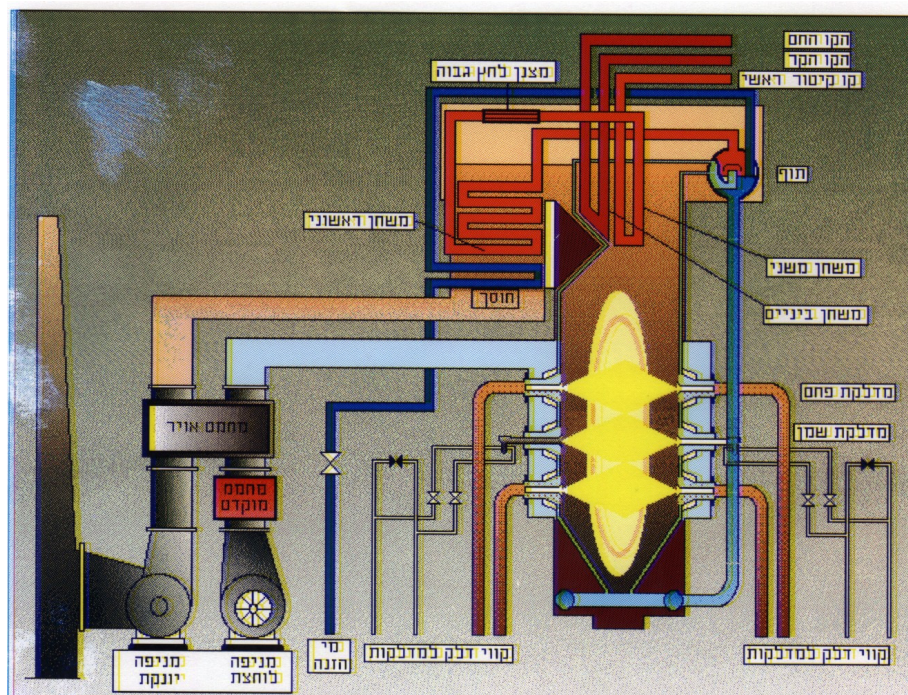
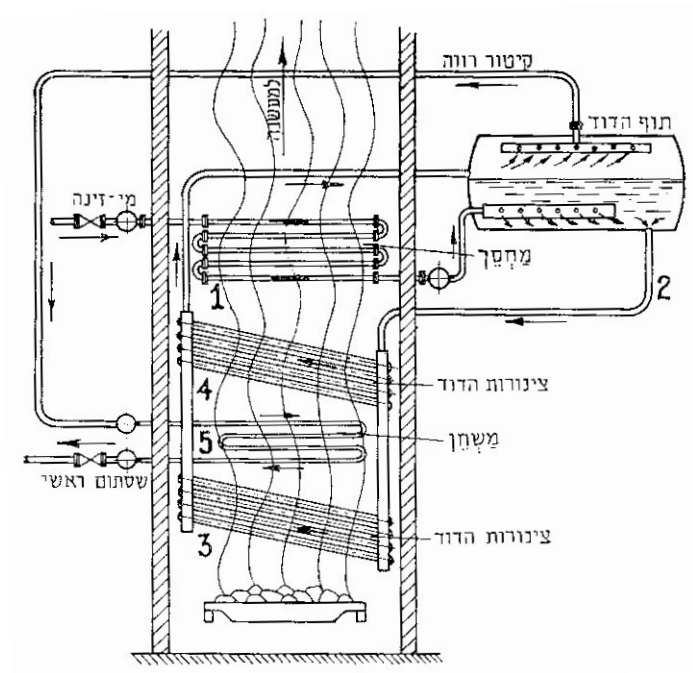
מבנה אופייני של תא שריפה

Typical Furnace Wall Construction

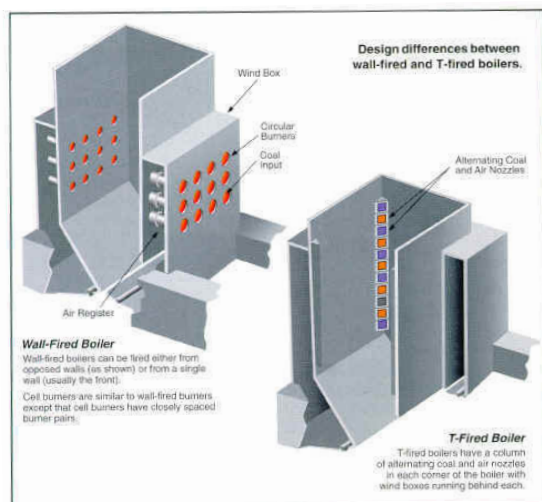


משחנים וחוסכים (מחסך)

ראה פרק 2.4 – "חוסכים ומשחנים"

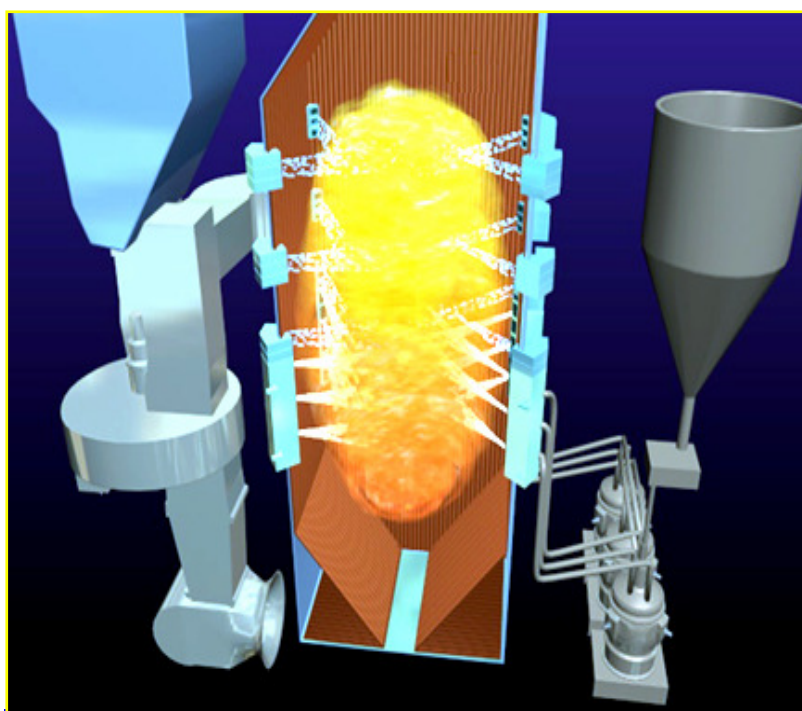
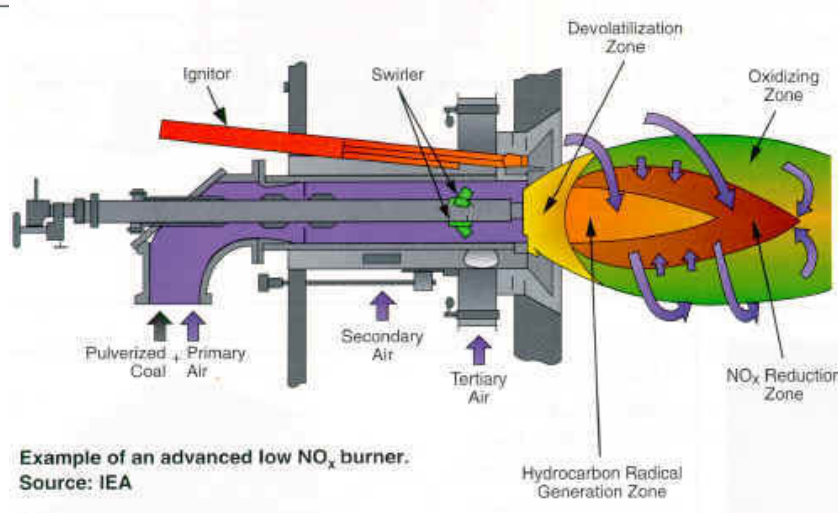


מבערים



בדודי צינורות מים ניתן להגיע להתקנות של 30 ו 40 מבערים בדוד המבערים בדוד מסודרים בקומות לאורך הדפנות (Wall Fired Boiler) או בפינות הדוד (T- Fired Boiler).

סידור המבערים וכיונם נועד להבטיח שליטה באש בתא השריפה ויצירת מערבולת אש שניתן לשנות את גובה ע"י הטית המבערים מעלה ומטה וע"י זה שליטה בגודל השטח המוסק ובטמפרטורת גזי הפליטה .

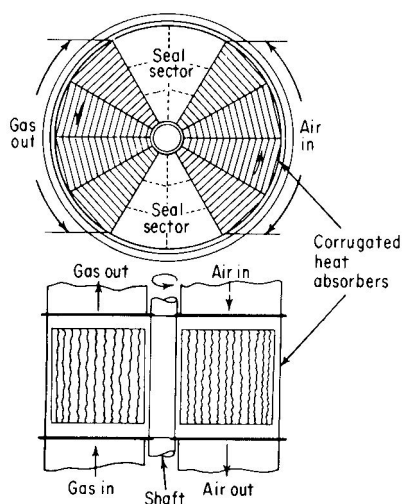


מחמם אוויר

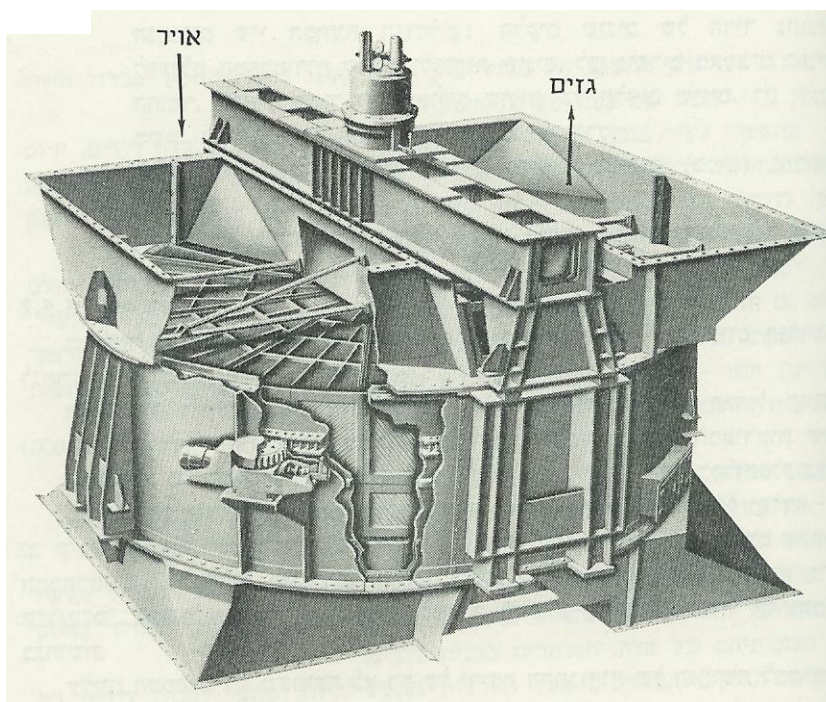
מחמם האוויר מחמם את האוויר לפני שהוא נכנס לתא השריפה .
 בד"כ האוויר מחומם בעזרת "מחמם האוויר" המנצל לשם כך את גזי הפליטה לאחר שסיימו את עבודתם בדוד (אחרי החוסך) .
 יתרונות :

קירור האוויר ב 15-25 מעלות מעלה את הנצילות של הדוד ב 1% .
 אוויר חם מסייע להחיש את תהליך השריפה של הדלק ולשפרו ומגדיל את הטמפרטורה בתא השריפה , גורמים המסייעים להגדיל את ההספק הסגולי של הדוד .
 חסרונות :

המחמם מגדיל את ההתנגדות לזרימת הגזים והאוויר ומגדיל את תצרוכת האנרגיה להזרמתם.
 המחמם חשוף ליצירת חומצות בגזי הפליטה הירדים מתחת לנקודת הטל ולהיווצרות קורוזיה .



המחמם המקובל בשימוש היום הוא " מחמם סיבובי של ליונגסטרם " המכיל מטען של פח גלי הנמצאים בתוך מתקן מסתובב , דרך הצילינדר זורמים גזי הפליטה והאוויר הנכנס בכיוונים מנוגדים , הפחים מתחממים מגזי הפליטה , מסתובבים לצד האוויר ומעבירים את החום לאוויר הנכנס לדוד .



השוואה בין דודי צינורת עשן לדודי צינורות מים

דודי צינורות עשן	דודי צינורות מים
תפוקת קיטור מכסימלית 27 טון לשעה	תפוקת קיטור גדולות –עד 1800 טון לשעה
מאגר מים גדול יחסית , שינויים בהפעלת המבער משפיע בצורה איטית על הספקי הקיטור	מעבר מהיר ממצב קר לתפוקה מלאה - כמות המים קטנה ולכן התגובה לשינוי בחימום מהירה
הקוטר הגדול של התוף מגביל את הלחצים ל כ 20 אטמוספרות	קוטר קטן של צינורות המים מאפשר קבלת לחצים עד 160 אטמוספרות
מספר המבערים מוגבל	אין הגבלה על מספר המבערים (כ 30 מבערים בדוד) , גמישות במיקומם ובכיוון השריפה שלהם .
מיוצרים כיחידה אחת וניתן להובילם ולמקמם באתר במינימום עבודה וזמן	הקמתם מחייבת עבודה ממושכת באתר\מפעל
סכנת התפוצצות בשפל מים	סכנת התפוצצות בשפל מים מצומצמת
המים באיכות בינונית(ניתן להסתפק בריכוך)	צורך מים באיכות גבוהה (מים נטולי מלחים)
מערכת פיקוד פשוטה	מערכת בקרה מסובכת