مجلة بحوث كلية الآداب
جامعة المنوفية

بحث
٥

البيئة الصوتية المحيطة بالانسان وأهمية توفير مناخ سمعى مناسب

إعـــــداد

أ.م.د/ محمود إسماعيل عنايت

أستاذ مساعد بقسم الديكور

كلية الفنون الجميلة - جامعة الأسكندرية

محكمة تصدر عن كلية الآداب بالمنوفية

العدد الأربعون يناير ٢٠٠٠

مقدمـــــة

الصوت هو أحد صور الطاقة و ينتقل الصوت من مكان لأخر بواسطة أمواج ميكانيكية و أمواج تضاغط تحدث ذبذبات في الهواء أو المواد البنائية و تقاس بالميكروبار (MicroBar Mb.) و يمكن التميز بين صوت حديث شخصين و صوت موسيقي مثلا بواسطة الأذن الآدمية أو الأجهزة الصوتية.

و علم الصوت(Acoustics) يصف مصدر الصوت و انتقاله و الأحساس به.و نظرا أن الأصوات المستمرة والمتقطعة المحيطة بالإنسان تمثل طاقة خاصة قد تؤدي إلي توتره العصبي وتؤثر علي طريقة سلوكياته و تصرفاته لذلك كان لزاما علينا دراسة البيئة المحيطة بالإنسان داخل المبني دراسة معمارية و تنفيذية للتحكم في تهيئة مستوي الأصوات المناسبة لمعيشته و عمله.

وهذا لايتم إلا بالتحكم في شكل الفراغ الداخلي سواء في التصميم المعماري أو التنفيذي بجانب حسن اختيار أنسب المواد والأساليب المناسبة ووضعها في مكانها الصحيح. مما يساعد علي الحد من الأصوات الخارجية الغير مرغوب وصولها للإنسان بالاضافة إلي التحكم في درجة مستوي الصوت الداخلي المناسب له.

و ايضا دراسة خواص الصوت ومكوناته من ناحية سرعته و ترددات و طريقة قياسه حتي يسهل علي المصمم من خلالها أن يتحكم في مستوي الصوت المناسب للإنسان في الفراغ الداخلي لكل مكان في المنشأ .

تردد الصوت و خواصه

يمكن القول بأن كل جسم يهتز يشكل مصدرا للصوت . و يعرف تردد الصوت بعدد الموجـــات الصوتية في الثانية الواحدة "سايكل أو دورة" و يعبر عن التردد بعدد الدورات في الثانية الواحدة ب هيرتز (HZ) . كما يمكن تعريف شدة الصوت بمسار الطاقة الصوتية في وحدة زمنية خـلال وحدة مساحية و يقاس بوحدة وات/سم٢ . و يوجد للصوت تردد منخفض و تردد عالـــي فـتردد الصوت يحدد نوعية الصوت أما شدة الصوت فتحدد كمية الصوت. و عامل أعلي تردد تستطـيع الأذن البشرية السليمة أن تسمعه هو الصوت الثاقب ٢٠,٠٠٠هيرتز ،أما الترددات التي تتجـاوز هذا فهي فوق صوتية . وأقل صوت يمكن أن تسمعه هو ١٥ هيرتز.

ومن الأهمية أن ندرك أن الهواء ليس هو الذي يتحرك في موجات، بل الصوت هو الذي يتحرك في موجات خلال الهواء . هذه الموجات الصوتية التي تنبعث من مصدر ما تفعل- بسبب طبيعتها الخاصة – أشياء جديرة بالاهتمام عندما تقابل عقبات صلبة مثل الجدران، أن تقفز مرتدة فتنعكس و تتفرق و تتبعثر، وتدور حول الاركان و الزوايا، و تنكسر، وتعود الي مصدرها الأول في صورة أصداء أو ضوضاء. و إذا كان الجدار أو الحائل نفسه من الممكن أن يتذبذب فإن جانبا من الصوت ينتقل من خلالها إلي الحجرة المجاورة، إما إذا كان الحائل ستارا ثقيلا من المخمل يمتص الموجات الصوتية تماما فإن الصرت يموت.

و الترددات الصوتية بارتفاع معين تسمي الطبقة فاذا سمعت صوتين لهم نفس التردد بالضبـــط، فالانسان يشعر أن أعلاها صوتا هو أعلاها طبقة. وهذا أمر هام في مسألة الضوضاء. لأن الطبقة ومكوناتها، وهي التردد و العلو تؤثران تأثيرا خطيرا في ردود أفعالنا النفسية إذاء الضـوضـاء و يؤثران أيضا في نتائج الضوضاء بالنسبة لأذاننا. (١)

كما يتدخل عامل الزمن مع شدة الصوت في تحديد درجة الضوضاء علي الانسان فكلـما طالت مدة التعرض للضوضاء تزايد التأثير العصبي أو العضوي الناتج. أيضا تعتبر الضوضاء المتقطعة والمفاجئة أخطرمن الضوضاء المستمرة من حيث أثارها علي الإنسان كما أن الأصوات الحادة أكثر تأثيرا من الأصوات الغليظة.(٢)

---

١) تيودور بيرلاند د/نظمي لوقا – مكافحة الضوضاء ص٢٣

٢) رجب سعيد السيد – الحرب ضد التلوث ص٦٥

و الصوت يصبح نغمة حينما تتكرر النبضات الهوائية التي تحدثه علي فترات منتظمة اما إذا لم يتحقق هذا التكرار المنتظم للموجات فإن الصوت يصبح مجرد ضوضاء.

و لقياس شدة الضوضاء تستخدم وحدة تسمي الديسيبل و هي وحدة مستوي شدة الصوت و تعبر عن نسبة بين شدة صوت موجود إلي أقل شدة صوت ملحوظ علي قياس لوغاريتمي .

مصادر الضوضاء

وهي نـوعـــــان

أولا:- البيئة المحيطة بالموقع وهي عديدة نتيجة المدينة الحديثة.....علي سبيل المثـال محركات السيارات الزحام بالميادين و الشوارع و القطارات و داخل المؤسسـات أو المصـانع والورش الخ.....

و يمكن التحكم فيها و تداركها في المراحل الأولي من البناء و اختيار المواقع عن طريق استخدام أجهزة قياس الصوت مع قراءته علي مقياس (A-Scale) لتحديد نظام التشيد المعماري المناسب فمستوي الصوت داخل المباني السكنية يكون مقبولا عادة إذا وقع في حدود"٤٥ ديسيبل" فعلي سبيل المثال إذا كان متوسط مستوى الصوت علي الموقع"٦٥ ديسيبل" تعتبر مقبولة والسبب أن المباني المنشأة ستخفض حوالي"٢٠ديسيبل" فيصبح داخل المبني ٤٥ديسيل فقـط . أما (أعلي من ٧٥ ديسيبل) فيعتبر غير مقبول و يجوز قبولها بشرط عمل تشيد معماري خاص للمبني لتقليل الصوت فيها إذا اضطر البناء عليها. وهناك بعض المعالجات الخارجية للتحكم في مستوي الصوت بواسطة حواجز لصد الصوت و خاصة في اتجاه مصادر الضوضـاء و يمـكن أن تكـون هـذه الحواجز من أسوار مبنية أو أشجار مزروعة بطريقة متصلة متجاورة تشكل سياجا. مع مراعـاة بعض القواعد عند و ضع تصميم هذه الحواجز يجب مراعاتها :-

١- أن يكون علي أقرب مسافة ممكنة من مصدر الصوت.
٢- كلما زاد أرتفاع الحاجز كلما زادت كفاءة العزل الصوتي.
٣- يفضل أن يكون الحاجز مصمتا.

٤- استعمال بعض عناصر المبني لخفض مستوي الضوضاء و استخدامها كحـــاجز يعترض الموجات الصوتية مثل : الأفنية الداخلية-الأرضيات المرتدة و القواعد الحامية - تثبيت زجاج النوجهات- تقليل نسب الفتحات للوجهات او عمل زجاج مزدوج.

ثانيا :- الضوضاء الصادرة من الموقع

وتتمثل في نوعين :- الأول نتيجة للصوت المباشر. و الثانية نتيجة للصوت المتردد أي الواصل بعد عدة انعكاسات. و كلما اقتربنا من المصدر يكون الصوت المباشر أقوي من المنعكس، وكلما أبتعدنا عن المصدر يكون الصوت المنعكس هو الأكثر سيطرة. و بالتالي عند قياس مستـــوي الصوت في الفراغ يجب بداية تحديد نوعه "مباشر أم غيرمباشر"والمشكلة تتنوع حسب الأستعمال فقد تكون الرغبة في منع أحداهما دون الآخر أو تقوية أحدهم ومنع الآخر وهكذا . فـلو كانـت المشكلة هي منع الضوضاء الداخلية من الأنتقال لجزء من الفراغ لجزء آخر فالجهود توجـه لمنع انتقال الصوت المرتد بأستخدام المواد الماصة للصوت علي الحوائط والأسقف والأرضيات. كما يمكن تشتيته بعمل انحراف و الأسقف و الأرضيات بجعلها غير متوازيه.(١)

ولمعالجة الضوضاء الصادرة من الداخل يفضل اتباع :-

- أختبار مواقع الأنشطة التي تشكل مصادر الضوضاء .
- سمـك الحوائـط .
- العزل بالحوائط المركبـة .
- نسبة مسطح الفتحات و تأثيرها علي انتقال الصوت .

---

(١) د.علي رأفت – البيئة و الفراغ – ثلاثية الابداع المعماري- مركز الابحاث إنتر كونسلت – ١٩٩٦ ص١١٦

الآثار الناجمة عن الضوضاء من الناحية السيكلوجية و الفسيولوجية .

قبل التعرض لاثارها علي الانسان سواء من الناحية الفسيولوجية أو السيكلـــوجية سوف نوضح أثارها أولا علي المنشأ فهي لها القدرة علي تحطيم ما يحيط بنا فزيائيا فمن المعلـــوم ان مغني الأوبرا يستطيع بالثبات علي نغمة ما أن يتسبـــب في تحطيم قدح من الكريستال. (١)

و يعلل ذلك بأن موجات الصوت تعمل أولا علي أبعاد الجزيئات ثم البلورات بعضها عن بعض، و متي قضي علي تماسك المادة، تأخذ الثغرات أو الصدوع في الأتساع .

وتجرى أبحاث في بريطانيا عن الأضرار الممكنة الحدوث لعمائرها العتيقـــة نتيجـــة لاختبارات اختراقات صوتية عشوائية و التي تعرف بتركيزات علي المباني و انتهت الي :-(٢)

- تعمل الضغوط المسرفة علي تحطيم الزجاج المصاب بإجهاد نتيجة عيوب في التركيب أو تريح البناء أو ردانة الصنف .
- الضغوط المسرفة لها القدرة علي أحداث تصدع أو أنهيار للحليات الجبسية المجهدة.
- الضغوط المسرفة يمكن أن تحدث تصدع الأجزاء مجهدة من بناء أو تتسبب في أتســاع تصدع قائم بالفعل .

اما بالنسبة للانسان وأثارها فهي تحدث أضرار جسيمة للأفراد المعرضين لها وخاصا فيما يتعلق بالسمع و الجهاز العصبي و ما يترتب علي ذلك من تأثيرات فسيولوجية أخري للجسم . فللضوضاء تأثير سيكولوجي علي الأشخاص فقد ثبت عند تعرض الفرد لسماع أصوات صاخبة يتم تكبيره الي درجة عالية يفرز الجسم مزيد من الهرمونات و تسري في السامع نوبات من الأنفعا ل . و ذلك لان الصوت الصاخب له في الجسم من الاثر ما لاشارة الانذار، إذ يـــؤدي الي أفراز مزيد من الايدرينالين ،و إفراز هذا الهرمون يحدث نشاطا في الجسم ، ويمكن أن يؤدي إلي أعمال عدوانية ومن هنا سمي هرمون القتال .

---

(١) مكافحة الضوضاء ص١٦٠

(٢) مكافحة الضوضاء ص ١٦٩ ، ١٧١

و هو ايضا ينشط الجسم الي درجة تجعل الإنسان يخرج عن وعيه فيصاب بنوبة اغماء فرارا من الحالة النفسية التي يعانيهاو هذا التأثير السيكلوجي يجيز لنا أن نقول إن الأصوات الضاخبة لاتؤثر في الجهاز السمعي فحسب بل تؤثر أيضا في النبض و التنفس وفي القلب نفسه و الخلاصة أن الجسم المادي كله يتأثر .

ايضا قد يصل تأثير الضوضاء - بإعتبارها إجهادا اضافيا غير مطلوب في حياتنا العصرية – الي أن تكون القوة الفاعله للاسراع بالازمة الانفعالية أو الذهان (١) و هذا الاحتمال يجعل الضوضاء تهديدا أخطر لسلامة الملايين عقليا .

و بوجه عام تسبب الضوضاء التوتر العصبي و الانفعالات التي يشكو منها الكثيرون في العصر الحديث، و قد توصل الباحثون و العلماء الي حدود للضوضاء التي يمكن السماح بها في الأماكن المختلفة .

معامل الضوضاء Noisc coefficient

وهي طريقة لتحديد مستوي شدة الصوت الذي يزيد عن البيئة الخاصة به.، ودائما يحدد في عقود و مواصفات المباني للتعبير عن أعلي مستوي للصوت في الفراغ. و منحني معامل الضوضاء مصمم لإعطاء مستويات عالية للصوت علي ترددات منخفضة أخذه في الاعتبار مميزات الأذن الأدمية لتخفيض الحساسية عند سماع الترددات المنخفضة لمستوي الضوضاء المسموح بها للنغمات الصوتية بين ١٢٠٠ هيرتز الي ٢٤٠٠ هيرتز و الجدول التالي يوضح هذه المعايير.

نوع القاعة	توصيات لمعاير الضوضاء الخلفية
صالة موسيقي	NC- 15 to NC 20
فصول دراسية	NC-25
حجرة نوم	to NC-35 NC-25
مكتب	to NC-40 NC-35
مكتبة	NC-30

معامل الضوضاء (NC)

(١) تيودور بيرلاند - مكافحة الضوضاء ص١٠٦،١٠٧

ونظرا لان المنحنيات لمعامل الضوضاء(NC) لاتظهر حقيقة في هذا المجال لذلك فقد تم عمل منحنيات قياسية أخري تسمي "معاير ضوضاء مفضلة" و تختصر (PNC) و تتطلب هذه المنحنيات مستوي ترددات منخفضة عند مستوايات الصوت العالي جدا والا تكون مماثلة لنظام معامل الضوضاء و فيما يلي بعض التوصيات للضوضاء الخلفية للاماكن المختلفة مقاسة بمعيار (PNC) المذكور .

نوع المكان	توصيات لمعايير الضوضاء الخلفية
صالة موسيقي	PNC-10 to PNC-20
مسرح	PNC-20
حجرات نوم	PNC-25 to PNC-40
حجرات اجتماعات صغيرة- فصول دراسية	PNC-30 to PNC-35
مكتب خاص – مكتبة	PNC-30 to PNC-40
ملعب للرياضة (مكبرات صوت)	PNC-40 to PNC-50
مصانع	PNC-50 to PNC-75

وبوجه عام تعتبر الضوضاء التي تبلغ ٧٠ديسيبل فأكثر مصدر للازعاج.
بل تؤدي الي كثير من الأثارو ردود الفعل النفسية والعضوية. حيث يتناسب التأثيروشدة الخطورة طرديا مع طول فترة التعرض .

وكما سبق قد تعرضنا لتأثير الضوضاء سيكلوجيا وايضا لها تأثير فسيولوجي علي الفرد وأول جهاز يتأثر بهذه الضوضاء وهو الجهاز السمعي فالدرجات العالية من الصـــوت يمكن أن تؤدي إلي تهتك غشاء طبلة الأذن . وقد ثبت علميا أن للضوضاء لها تأثير علي أذان ذوي الصمم الكامل . فالضوضاء العالية (حتي ١٧٠ د.ب) لها أثار علي بنية الأذن الداخلية للصم و تؤثر علي أجسامهم .

و تري الدراسات التي أجريت حديثا عن أثر الصوت الصاخب في الجسم أنه يتجـــاوز التأثير في الجهاز السمعي إلي التأثير في مادة المخ . فالصدمة الصوتية قد تؤدي الي محـــــو الأنجرامات – وهي الطرق الدقيقة في المخ التي تولد الذكريات – وتحدث فجوات في الذاكـــرة

وهذا الكشف من شأنه أن يثير الذعر إذا علمنا أن بعض الناس يضطرون الي العيش في بيئة صوتية صناعية .

و بوجه عام يمكننا القول بأن رد فعل التعرض المستمر للصوت الشديد يمكن أن يؤدي الي ضيق الشرايين و عدم أنتظام ضربات القلب و أضطراب الجهاز الهضمي فيزيد من أفرازات المعدة و أيضا تتأثر أفرازات الكبد و البنكرياس و الغدد الصماء و تؤدي هذه التغيرات في جسم الإنسان إلي أرتفاع ضغط الدم . وهذه كلها أنعكاسات فسيولوجية لتأثيرات الضوضاء علي الجهاز العصبي اللإرادي .(١)

الضوضاء داخل الحيزات و تأثيرها علي الأفراد

كشفت دراسات عند (Louis Harris ١٩٨٠) علي أن الأفراد يدركون الضوضاء أو الصوت كمشكلة ضخمة في داخل الحيزات سواء سكنية أو مكتبية .

أيضا توصل Michoel Arill رئيس منظمة "Suffato" للأبتكار العلمي و التكنولوجي "Bostl" أن نتائج أستغرقت ثلاث سنوات أكدت الحاجة الي أن خصوصية السمع هي العامل الذي يؤثر في كل من الإنتاجية و الرضا بالوظيفة، و يقول أحد معماري شركة استشاره سمعية أنه بالرغم من أن الأفراد في حاجة إلي حماية من أصوات الالات الكاتبة و التليفونات و آلات النسخ فأن معظم الأصوات التي تسبب التشتت هي صوت مناقشة الاخرين .

ويعتمد المدي الذي يشتت الحديث السمع علي درجة وضوحه كما أن امتصاص وسد وتغطية الصوت مراحل يجب الأهتمام بها .

مصادر الضوضاء داخل الحيزات كثيرة و متعددة ومن مصادر شتي:-

أ- مصادر خارجية تنتقل الي الداخل عن طريق :

- ممرات الهواء المستمرة خلال فتحات الشبابيك و الأبواب المفتوحة ومن خلال الشقوق و الشروخ حول الحلوق أو الوصلات الكهربائية أو التكيف ومواسير الصحي .
- اهتزازات الفواصل:حيث أن الموجات الصوتية الساقطة علي جانب من الحوائط يمكن أن ينتقل إلي الجانب الأخر .

---

(١) رجب سعد السيد – الحرب ضد التلوث ص٦٧

ب- مصادر تولد داخل الإماكن نفسها عن طريق:

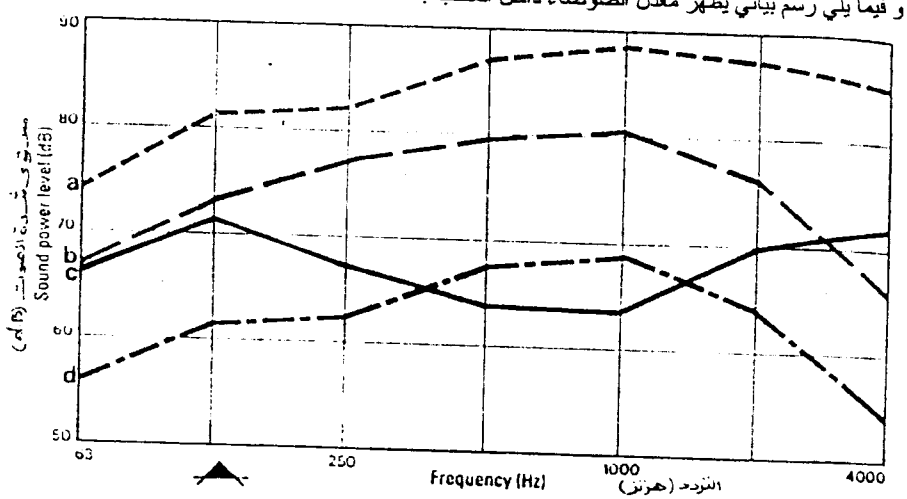
- أصوات تنشأ عن الأشخاص .
- أصوات تنشأ عن الالات والأجهزة المختلفة .
- انعكاس الصوت علي الأسطح الداخلية .

معدلات الضوضاء داخل الحيزات المكتبية و السكنية

أولا :- داخل الحيز المكتبي

يقوم الأفراد بتوليد الصوت أولا في شكل كلام، أما الأثاث و أشياء أخري غير مألـــوفة في المكتب فهي تولد أصوات متقطعة عندما تكون في الأستعمال مثل حركة المقاعد أو فتح وغلق الأدراج الخاصة بالملفات ويشيربذلك الأجهزة مثل آلات النسخ والكمبيوترات الأنظمة الميكانيكية التي تولد أيضا صوت في بيئة المكتب. ويجب التحكم في كل هذة الأصوات لتحقيـــق مستـــوي الضوضاء أو اضطرابها و لتنشيط خصوصية الكلام وفهمه .

و فيما يلي رسم بياني يظهر معدل الضوضاء داخل المكتب .



معدل الضوضاء واساسيات التحكم الصوتي بالمكتب

A- منحني يوضح الضوضاء الناتجة عن طريق ٤ طباعات كمبيوتر + ٢آله كاتبة .

B- منحني يوضح معدل صوت شخص عالي بدون صريخ أو أنفعال .

C- منحني يوضح الضوضاء الناتجة عن طريق ٤ ماكينات آله كاتبة كهربائية.

D- معدل صوت شخص واحد .

ثانيا :- الحيز السكني

١- **المطبخ** وهو أشد الحيزات السكنية ضيقا بجانب السطوح المغطاة بالبلاستك الصلب أو ألواح الصاج و التي تعكس بدورها الضوضاء و تزيدها نتيجـــة تردد اصداؤها . و تتراوح معدلات الضوضاء داخل المطبخ (٥٦ د.ب الي أكثر ١٠٠ د.ب) و ينصح بعدم تعرض الأفراد لهذا المستوي في الشـــدة فترات مطولة داخل هذا الحيز .

٢- **المعيشة** لاتتسم بالهدوءلكثرة الاجهزة باعثة الضوضاء بداخلها كالتليفزيون (٦٨ د.ب علي مستوي الجهاز المتوسط) وأصوات أجهزة الاستقبال لاعادة الارسال المضخم ومقدارها (٨٠ د.ب) بجانب أحاديث الأفراد المقيمين.

٣- **النوم** وهو أهدأ الحيزات السكنية فهي في حدود (٥٥ د.ب) وأن كان ممكن أن تلحق به الضوضاء في حالة تركيب أجهزة تكيف أو إضافة تليفزيون أو سماعات موسيقي .

٤- **الحمامات** وهي أشد الحيزات السكنية ضوضاء، حيث يصل معدلها إلـــي (٧٢د.ب) عند تشغيل الأجهزة الخاصة به بالإضافة في حالة وجود مراوح تهوية .

المعالجات الخاصة بأمكانية التحكم في الضوضاء داخل الحيزات الفراغية المكتبية و السكنية .

أن مشكلة تولد الضوضاء داخل حيز مغلق تعتبر مهمه علي وجه الخصوص وتوجد حلول علمية للتغلب عليها مثل مواد ماصة للصوت أو مواد عازلة لتغطية الحوائط و الأرضيات مع الوضـــع في الأعتبارأن هناك أعتقاد خاطىء أن الطرق والمواد التي تستخدم للعزل الحراري هي نفســـها التي تستخدم للعزل الصوتي مع انهما يمثلان مشكلتين منفصلتين تماما . إن كانت بعض هذه المواد تحقق الوظيفتين ولكن في حدود ضيقة كالمواد المسامية Porous materials وهي تمتص الصوت امتصاصا جيدا لكنها ضعيفة العزل .

وهناك أشكال مختلفة متعددة لهذه المعالجات :-

الأمتصاص

كثير ما يحدث الخلط بين امتصاص الصوت، وعزل الصوت. فوظيفة المادة الماصـــة للصوت هي العمل علي تقليل الصوت المنعكس من السطح في حين أن وظيفة البناء العـــازل للصوت هو العمل علي تقليل نفاذ الصوت خلاله .

ويمكن تقسيم المعالجات الخاصة بإمتصاص الصوت إلي ثلاثة مجموعات :-

١- **المواد المسامية :**مثل الصوف المعدني التي تحيل الطاقة الصوتية إلـي طـــاقة حرارية بالأحتكاك مع الألياف وحركة الألياف . وفي العادة تكون اسطح البلاطات المكونة من هذه المواد مثقبة لتحسين ادائها .

٢- **التجويفات الرنانة :** علي هيئة سطح مثقب مع حيز هوائي يملأ -في العادة- بمادة مسامية ماصة .

٣- **الألواح الرنانة :** تتألف من أغشية رقيقة من خشب الأبلاكاج أو الخشب المضغوط وهي تهتز عند تردد يحدده في الغالب ثقل اللوح وعمق الحيز الهوائى المحصور .

حجب الصوت

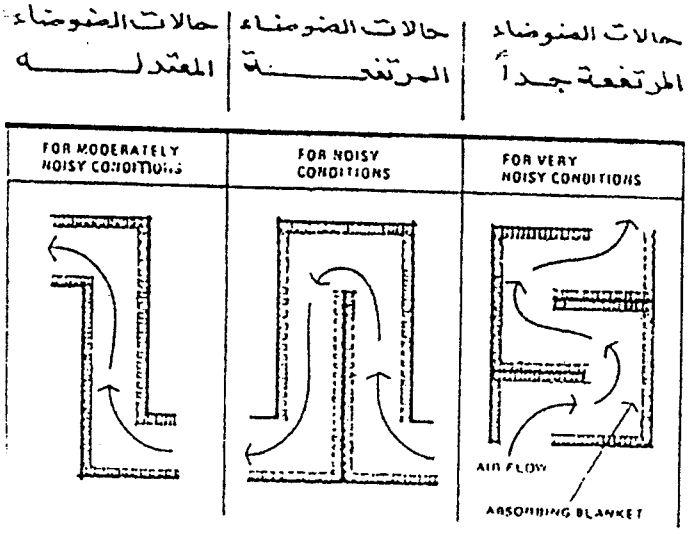
يحدث انتقال الطاقة الصوتية خلال الجدران و الارضيات عن طريق الأهتزازات التـــي تعتريها والتي تحدث بدورها ذبذبة صوتية علي الجانب الأخر. و اداء المواد في مقاومتها لنقـــل الصوت .إنما يأتي مباشرة من كتلتها . فكلما ازدادت المادة ثقلا كلما ازدادت نسبة الطاقة الصوتية التي سوف تستبعدها وهو ما يعرف بقانون الكتلة .(١)

ويمكن زيادة كفاءة الجدران الفاصلة أو القواطيع زيادة كبيرة بتصميمها علي هيئة بناء مزدوج السطح غير متواصل وبداخله حيز هوائي فاصل و هو يعرف باسم التجويف الصوتي أو السمعي.

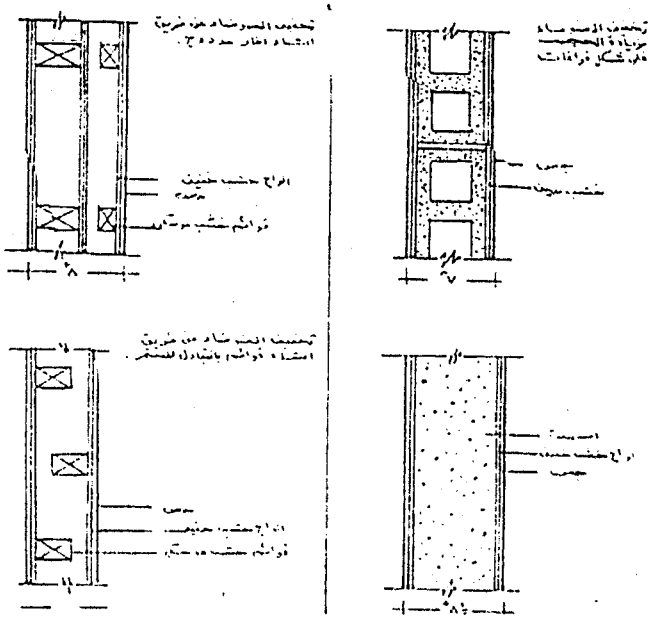
---

(١) عالم البناء العدد ٣٤ – يونيو ١٩٨٣ ص٣١

اساليب مختلفة لسواتر الصوت



بعض اساليب التحكم في الضوضاء



الأرضيـــة

الوسائل التقنية لخفض نقل الضوضاء خلال الأرضيات تقتبس من تقنيات تهدئة أو تسكين الجدران بالإضافة إلى أن الأرضية المكونة من أسمنت صلب تعتبر فعالة بالنسبة للأصوات المتنقلة عن طريق تذبذب الهواء وليس بالنسبة للأصوات الناشئة

عن التصادم، ولذلك يمكن معالجة الأرضيات بمواد عازلة مثل الكاوتش أو الليتوليوم.....الخ التي من مميزاتها التقليل من كثرة الضوضاء لامتصاصها الأصوات. وأيضا الأرضيات الفلين تعتبر من أصلح الأرضيات والخشوات الماصة للصوت بشكل كبير وتستخدم في قاعات الإجتماعات و حجرات الدراسة ولا تسبب هذه الأرضيات أي أصوات نتيجة السير عليها. خاصة إذا كانت من النوع السميك .وأيضا استخدام سجاد ذو خصلات وبرية، فالسجاد ذو الوبرة المفتوحة يعطي عموما امتصاصاأفضل للصوت من الوبرة المقفولة. اما بالنسبة لنوع السجاد وعلاقته بإمتصاص الصوت فالسجاد الاكريليك عموما يعطي امتصاص جيد للصوت من السجاد الصوف بفارق ١٠%، كما أن ارتفاع الوبرة وزيادة كثافتها يؤدي إلي زيادة معامل امتصاص الصوف بصرف النظر عن نوع الخيط .

- **الأسقـــف**

تعمل الأسقف علي التقليل من تسرب الضجيج الغير مرغوب منه إلي أعلي أو إلي أسفل خاصة عندما تكون الفواصل الأنشائية ملامسة لبداية سطح السقف المعلق مما يترك ممرات Porte مفتوحا فوق الفاصل يعمل علي انعكاس الصوت علي السقف الأصلي. كما يمكن دراسة الأمتصاص الصوتي وايجاد الحل المناسب له لتقليل فترة رجوع الصوت و مستوي الضجيج لمنع الصدي "Echo" ففي الأماكن الفسيحة يمكن استخدام الأسقف نفسهاكعواكس ومشتتات للأصوات المباشرة أو الأصوات الموجهة في اتجاه أماكن معينة "مثل عواكس الصوت فوق المسرح مثلا" .

عند الحاجة لمنع انتقال الصوت إلي أعلي فإنه يمكن استخدام السقف كحاجز جزئي بتكسيته ببلاط سميك علي شبك ممدد أو ألواح سميكة من الجبس يوضع فوقها خامة عازلة للصوت مثل الصوف الزجاجي ومثل هذا السقف سوف يعكس جزء من الصوت الناتج في الفراغ الموجود تحته كما إنه سوف يقوم بتحسين الصفة الصوتية بشكل عام .

كما يوجد أسقف ماصة للصوت وهي عبارة عن بلاطات جبسية مثقبة تركب علي شاسية حديد مثبت في السقف و هناك أنواع من البلاطات الجبسية تركب بدون شاسية حديد حيث تكون البلاطات بها نتوءات الواحدة بجانب الاخرى مع الـ اء المثبت في السقف وفي البلاطات مباشرة .

وقد كان قديما يستخدم البياض عازل للصوت مكون من نسب متساوية من الجبس و الجير و الرمل ويتم بياض الحوائط و الأسقف بها . وبالنسبة للحوائط توجد بلاطات جبسية مخرمة تثبت علي شاسية خشب مدهون بالبيتومين مع استخدام طبقات من الصوت الزجاجي .

وتستخدم أيضا الواح الاستريور ذات الكثافة العالية في أعمال عزل الصوت . كما تستخدم مولة الأبنية كمونة عازلة للصوت .

- **النوافـــــذ**

تدخل منها الضوضاء مثلما يدخل منها الضوء تماما وفي العادة تدخل الضوضاء عن طريق الهواء المتسرب من خلالها فالفتحات تمثل الأجزاء الضعيفة من المنشأ التي تقلل من العزل الصوتي للحائط، فكمية الطاقة الصوتية التي تنفذ من زجاج تعادل ٤٠ ضعفا من كمية الطاقة التي تنفذ من الخرسانة، ولمعالجة ذلك يجب مراعاة استخدام الزجاج المزدوج لتحسين العزل الصوتي و العناية بوضع حشوات كاوتشوك، أو أستخدام لوحين بينهما فراغ خامد مثبت بحلوق محكمة التركيب .

وكذلك مراعاة الفواصل و الشقوق أسفل وحول الفتحات حيث أنه لها تأثير كبير علي عملية التحكم في دخول الصوت بأستخدام مادة ماصة للصوت وفيما يلي جدول يوضح معدل الأمتصاص لبعض المواد التي تختلف بأختلاف ذبذبة الصوت :-

رقم	المادة البنائية	بالسنتيمتر	التخفيض
١	قطاعات من الفلين .	٥٠	٨,٦
٢	قوالب طوب خرسانة .	٨٤	١٥,٠
٣	قوالب كليب .	٣٣	١٨,٣
٤	فلين طبيعي .	٥١	٢٦,٦

٥	نسيج معدني من الرصاص والواح الحديد المثقوب.	٦٤	٢٧,٠
٦	خلايا خرسانية .	٤٨	٣٢,٣
٧	نسيج بنائي مشبع بمغانسيوم خرساني ومطلي بالخرسانة علي الجانبين .	١٢٠	٣٦,٠
٨	نسيج خشبي مشبع بمغانسيوم خرساني بالمصيص علي الجانبين .	١٢٧	٢٦,٧
٩	قطع فلين مطلية بالمصيص علي كلا الجانبين .	٧٦	٢٧,٤
١٠	اسمنت و حجر خفاف رمادي اللون .	٣٢	٣٨,٠
١١	اسمنت و حجر خفاف رمادي اللون .	٥٢	٣٩,٣
١٢	اسمنت و حجر خفاف رمادي اللون .	٢٢	٣٣,٥
١٣	بلوط .	٥٤	٣٣,٥
١٤	الواح مصيص مربع .	٨٠	٣٦,٠
١٥	طوب بياض ١ سم علي كل جانب .	٦٠	٣٨,٠
١٦	الواح مصيص مربعة .	١٠٠	٤١,٠
١٧	طوب مفرغ و بياض ٨ سم .	٦٠	٤٣,٠
١٨	رصاص بسمك ١ ملليمتر .	١	٣٥,٠
١٩	رصاص بسمك ٢ ملليمتر .	٢	٣٩,٠

- **الأبـــواب**

تدخل الأبواب –لاسباب عديدة– قسطا من الضوضاء اكبر مما تدخله الجدران المركبة فيها هذه الأبواب . فهي أخف وزنا وأقرب إلي التذبذب توافقيا فوق مفصلاتها . بجانب انها ذات فتحات من حولها تستطيع أن تتسرب منها وللسيطرة علي ذلك يجب مراعاة :-

- أن تكون الأبواب مزدوجة أي ضلفتين متتاليتين لكل فتحة بينهما فراغ هواء .

- أن تكون الأبواب الخشبية المصمتة أو المفرغة وبها حشوات مضاف اليها مادة ماصة للصوت وأيضا الأبواب المعدنية المحكمة الغلق حتي تصبح مانعة لتسرب الصوت .
- الأهتمام بأستخدام مواد عازلة للصوت حول الحلق .
- وضع حشايا من اللباد علي حافتها السفلي لمنع تسرب الضوضاء .
- امكانية استخدام صفائح الرصاص في تصميمها . .
- عدم أستخدام الأبواب ذات الفتحات السفلية .

ثانيا :- معالجة المصادر الداخلية

تنتج مصادر الضوضاء الداخلية للأماكن من عناصر شتي، مهما كانت مصادر الصوت فإنه ينبغي معالجتها لتوفير الراحة المطلوبة لمستخدمي المكان ، من خلال الأختبار الدقيق لجميع المواد الداخلية سواء الأساسية والمضافة و طريقة انشائها و صيانتها .

وأفضل طرق معالجة الضوضاء الداخلية و العزل الصوتي هو استخدام المواد المناسبة الماصة للصوت ودرجة امتصاصها له في عملية التصميم الداخلي وتهيئته .

ويتوقف معامل الأمتصاص علي عدة عوامل من أهمها .

- طبيعة المادة .
- سمك المادة .
- طريقة تغليف وتثبيت المادة .
- كمية الهواء خلف المادة .

مسارات الصوت داخل الحيز الفراغي

الصوت داخل الحيز ينعكس ويمتص وينتقل بنسب تختلف بأختلاف طبيعة مواد البناء والتشطيب للحيز الداخلي وينتج عن ذلك :-

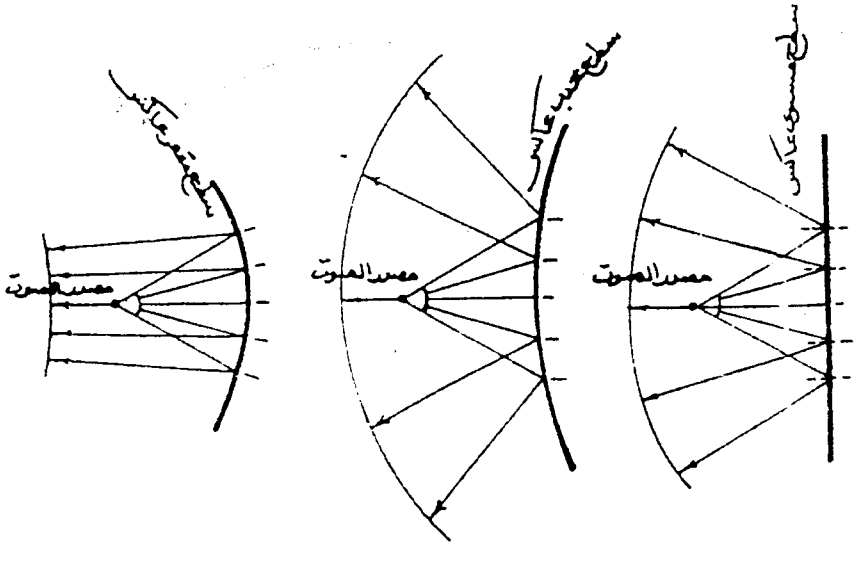
- موجات صوتية تنعكس علي الأسطح .
- موجات صوتية يمتصها الهواء وتتلاشي أثناء انتقالها .
- موجات صوتية تمتصها اسطح الحوائط و الأثاث .
- موجات صوتية تحدث نتيجة رنين الحائط في كل من الأتجاهين .
- موجات صوتية يعاد انعكاسها بين اسطح الحوائط وأسقف الفراغات الداخلية .

- موجات صوتية يطابق طولها طول المسافة بين حائطين متقابلين .

انعكاس الموجات الصوتية داخل الحيز الفراغي

يختلف بأختلاف اشكال الأسطح سواء مستوي أومحدب أو مقعر و يوضح الشكل التالي حالات الانعكاس المختلفة مع الأخذ في الأعتبار أن:-

- المسافة بين المنبع و السطح العاكس هي نفسها في الحالات الثلاثة .
- المخروط الصوتي هو نفسه في الحالات الثلاثة .
- الفترة الزمنية التي رسمت فيها المنحنيات الصوتية للموجات هي نفسها في الحالات الثلاثة .

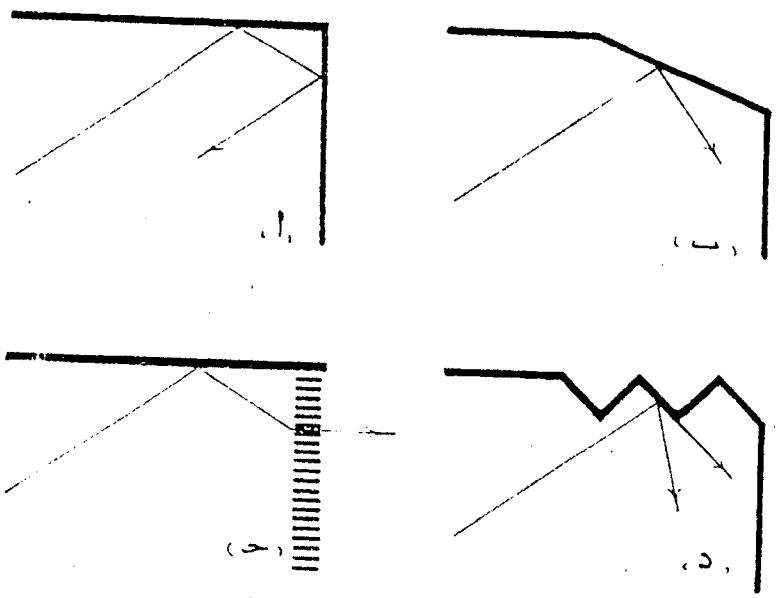


انعكاس الصوت علي الأسطح المختلفة

يتضح من الأشكال أن الموجات المنعكسة من الأسطح المحدبة اكثر ضعفا و الموجات الصوتية المنعكسة من الأسطح المقعرة اكثرتكثيفا وبالتالي تكبر شدتها عن الموجة الصوتية المنعكسة عن السطح المستوي، وبذلك يمكن للصوت المنعكس من سطح مقعر أن يكون بؤرة صوتية يكون الصوت منها عاليا .

أما الأسطح المشكلة فإنها تشتت وتستطير إلي عدد من الموجات الضعيفة وبالتالي يمكن الحصول علي ترديد مستطيرومنع حدوث صدي الصوت، أما عند انعكاس الصوت داخل زاوية قائمة بين سقف وحائط فإنه ينعكس مرتين وفيه يرجع الصوت الي مصدره ويمكن معالجة ذلك بواسطة :-

- عمل ميل من الركن العلوي فتتحول الزاوية القائمة الي زاويتين منفرجتين .
- تكسية أحد اسطح الزاوية بمواد ماصة للصوت .
- تشكيل أحد اسطح الزاوية مما يسبب ترديد الصوت .



معالجات مختلفة للزوايا القائمة بين السقف و الحائط

يتم ذلك داخل الحيزات بواسطة الطرق التالية :-

أ- عن طريق الأسطح المحدده للحيزات الداخلية .

- بواسطة الأحتكاك بالأسطح.

عن طريق اصطدام الموجات الصوتية علي الوحدة "الواح بانوه مثلا" فإن الضغط المتبادل لهذه الموجات علي الوحدة يجعلها تهتز والأهتزاز الناتج يستنفذ كمية معينة من الطاقة الساقطة بتحويلها الي طاقة ميكانيكية وفي النهاية الي حرارة تفقد في الهواء وكلما كانت هذه الوحدات من وحدات صلبه وكثيفة، فإن كمية الطاقة الصوتية تتحول الي اهتزازات صوتية تكون صغيرة والعكس صحيح .

- الأمتصاص بواسطة الأختراق في المواد المسامية.

معظم المواد المصنعة تعتمد بكثرة علي مساحتها في الأمتصاص،فمواد مثل الصوف المعدني أو الصوف الزجاجي تحتوي علي عديد من المسام الصغيرة العميقة المتصلة بكامل السمك وهي تمكن الموجات الساقطة من الأمتداد خلالها حيث يتحول جزء من الطاقة الصوتية الي حرارة بواسطة الأحتكاك و المقاومة خلال المسام . وكذلك بواسطة ألياف المادة الصغيرة هذه المواد المسامية إذا كانت بسمك مناسب وبدرجة كافية فإن ٩٥% من الطاقة الصوتية الساقطة تمتص وهذا الأمتصاص يكون كبيرا عند الترددات العالية و قليلا عند الترددات المنخفضة .

كما يوجد اسقف ماصة للصوت وقد سبق التنوية عنها .

- امتصاص الصوت عن طريق الفواصل المزدوجة "خلخلة الصوت في فراغ معين مستويان"

ويمكن تحقيق ذلك انشائيا يجعل حوائط المبني الخارجية مزدوجة بتخانة (١٥-٢٠)سم وحيث يدعم الفراغ الفاصل بين الحوائط بدعامتان من المعادن أو اللدائن لتثبيت القائم سواء في الحائط أو الأسقف الزائفة وبهذه الطريقة يمكن تخفيض الصوت المحمول بالهواء بكفاءة عالية .

ب – امتصاص الصوت بواسطة الأثاث .

من خلال المكونات التأثيثية وأختيار وحدات الأثاث عامل هام في التقليل من ضوضاء الصوت داخل الحيزات الفراغية حيث نجد المقعد المكسو بالقماش يكون معامل الامتصاص للصوت له اكثر من الأنواع المكسوة بالجلد و المقاعد المصنوعة من اللدائن الصلبة ، وذلك نظرا لمسامية القماش وقدرته علي امتصاص ذبذبات الصوت عالية و متوسطة التردد كما أن لأسلوب تنجيد الكرسي والخامات الخاصة بالمرونة في الأستخام (المطاط الرخوي) له قدرة عالية أيضا علي امتصاص الصوت و استخدام الأخشاب في وحدات الأثاث بها قدرة ايضا علي الأمتصاص بالمقارنة بالمعادن وكسوة اسطح الخدمة(القرص) بخامات غير صلبة تساعد علي تقليل ضوضاء الصوت الناتج عن الأحتكاك و الصدمات الناتج عن التعامل .....و الستائر القماش تختلف عن المعدنية في امتصاص الصوت وتشتيته .

والواقع أن كل ما يعوق انعكاس الموجات الصوتية داخل الحيز الفراغي من السقف الي الجدران أو أنواع التأثيث والخامات المستخدمة بأنواعها وغيرها من السطوح يخفض من زمن ترجيع الحجرة للأصوات، أو بعبارة أخري أي شيء لين ويمتص للصوت يخفض زمن ترجيع الصوت .

أخيرا أن تصميم شكل وحجم الفراغات الداخلية والأستعمال المتوقع لكل فراغ يحدد زمن الرنين الأمثل للصوتيات، مما يؤكد ضرورة الأختيار الدقيق لجميع المواد الأنشائية سواء الأساسية أو المضافة وطريقةتهوها وصيانتها, كل ذلك يؤثرتأثيرا كبيرا علي الكفاءة الصوتية وبالتالي علي نجاح التصميم الصوتي في الوصول الي الهدف الأساسي، ومدي ارتباط ذلك وتكامله مع التصميم المعماري والتصميم الداخلي .

خلاصة المبحث و التوصيات

أن حماية البيئة من الضوضاء هي قضية تعد من أبرز التحديات التي يجب أن توليها الدولة بكافة أجهزتها أهمية خاصة لكونها من أخطر المشاكل البيئية التي يواجهها الإنسان المعاصر، وهي في نفس الوقت تلك المشكلة التي يجب العمل علي إيجاد حلول جزرية وسريعة لها لأنها كلما أزدادات جسامه وتعقيدا، أصبحت حلولها أكثر صعوبة وأكبر من حيث التكلفة .

فمصادر الضوضاء اليوم أصبحت متعددة وتحيط بنا وتبتلعنا، ومن مصادر شتي تفرض نفسها علي كل لحظة من أوقات صحونا ونومنا والحاجة الي تصميمات توفر الهدوء و السكينة أمر حتمي فإذا تصاعد الضجيج بمعدل ديسيبل واحد في السنة، فستغدو الحضارة الحديثة علي مدي سنوات قلائل بيئة لا تطاق الحياة بها . فالضوضاء أبشع تلويث وأشد غدرا ومكرا في عالمنا الصناعي .

لهذا نوصي بأن يكون هناك دعوة شاملة لتنمية الوعي العام بماهية الضوضاء وبماهية البيئة الصوتية وأحترام الملكية العامة للفضاء الصوتي .

المراجـــــــع

المراجع العربيه

رجب سعد السيد — الحرب ضد التلوث العدد ٧٣ - دار المعارف.

علي رأفت — البيئة والفراغ – ثلاثية الأبعاد المعماري – مركز ابحاث انتركونسلت – ١٩٩٦.

عبد اللطيف أبو العطا البقري — الموسوعة الهندسية لأنشاء المباني و المرافق العامة –١٩٨٨ .

المراجع المترجمة

تيودور بيرلاند- ترجمة د.نظمي لوقـــا — مكافحة الضوضاء –دار المعارف

الدوريات و المجلات العلمية

عالم البناء – العدد ٧٤ أكتوبر ١٩٨٦

عالم البناء – العدد ٨٩ مارس ١٩٨٨

عالم البناء – العدد ٣٤ يونيو ١٩٨٣

المراجع الأجنبية

- Julie R.Rayflol Prncipol AT Boggs the office interior Derign Guiole.
- Grone Dixon Archtects Data sheets. Office Spaces.
- Wiliam L.Pulgrom anol Alia Asioland. Derigning the Automateol office.
- Neufert, E Architect s Data.Newyork 1980.
- Peta Lorol Duncon Templeton. The Architecure of sound. London .1986.