مقدمة:

يقيم ما يزيد عن 50% من نسبة سكان العالم في المناطق الحضرية ومن المتوقع أن تزيد هذه النسبة لتصل إلى 66% بحلول 2050، من الممكن للتوسع الحضري والخصائص المعقدة للمدن أن تساهم في زيادة أشكال قابلية التعرض لمختلف المخاطر التي تصيب الوسط الحضري بحيث تسبب أضرارا جسيمة للمباني والبنية التحتية والأشخاص، فيمكن أن تكون طبيعية مثل الفيضانات والتي تعتبر أكثر الأخطار الطبيعية شيوعا في المناطق الحضرية، الزلازل، الأعاصير، أو بشرية مثل الحرائق والأخطار الصناعية...إلخ.

لهذا سوف نتطرق إلى تحديد بعض المفاهيم التي لها علاقة بهذا المحور، مفهوم الأخطار الحضرية ثم نركز على أهم خطرين يصيبان المدينة الزلازل والفيضانات، بحيث سوف نتطرق إلى أهم الحلول والشروط والمتطلبات التي تتبناها المدن المعرضة لهذين الخطرين من أجل التقليل من حدة تأثيراتها على الوسط الحضري.

I. تحديد بعض المفاهيم:

المدينة:

بالرغم من كثرة العلماء المهتمين بتعريف المدينة إلا أنهم لم يعطوا تعريفا واضحا لها، ذلك أن ما ينطبق على مدينة لا ينطبق على أخرى ، لأنها عرفت باختصاصات متعددة حسب وجهة نظر كل عالم، فمنهم من فسر المدن في ضوء ثنائيات تتقابل بين المجتمع الريفي والحضري، ومنهم من فسرها في ضوء العوامل الايكولوجية، ومنهم من تناولها في ضوء القيم الثقافية...إلخ

ويرى **ابن خلدون** أن المدينة تقابل الحضارة مما أسماه الملك أي سيادة الدولة وقد اهتم الجغرافيون بدراسة البيئة الجغرافية للمدينة وما ينتج عنها من أنشطة وفعاليات كنقطة تركز للسكان لذا تعنى بدراسة نشأتها وتطورها العمراني والحضري من خلال دراسة نشاطاتها، وتركيبها الداخلي وعلاقاتها.

وعرفها **لوكوربزيه** إن المدينة خلاصة تاريخ الحياة الحضرية، فهي الناس والمواصلات وهي التجارة والاقتصاد، والفن والعمارة، والصلات والعواطف، والحكومة والسياسة، والثقافة والذوق، وهي أصدق تعبير لانعكاس ثقافة الشعوب وتطور الأمم، وهي صورة لكفاح الإنسان وانتصاراته وهزائمه، وهي صورة للقوة والفقر والحرمان والضعف.

كما يمكننا الإشارة إلى بعض التعريفات الأخرى للمدينة مثل:

*__إحصائياً:__ تشير الإحصائيات إلى أن كثافة أكثر من 10000 شخص في الميل المربع الواحد تشير إلى وجود مدينة بحسب رأي **مارك جيفرسون**.

***قانونياً:** هي المكان الذي يصدر فيه اسم المدينة عن طريق إعلان أو وثيقة رسمية.

***وظيفياً:** لا يوجد للمدينة وظيفة واحدة بل لها عدة وظائف: فهي وحدة عمرانية ذات تكامل وظيفي، فهي لا تشمل قطاع الزراعة فحسب (كما في الريف) بل تتعداه للصناعة والتبادل التجاري والصناعات الثقيلة، وتجارة القطاعين الخاص والعام، والحرف، وتسمى هذه الصناعات بالصناعات الحضرية.

ويصف **ديكنسون** المدينة بأنها محلة عمرانية متكدسة، يعمل أغلب سكانها، بحرف غير كالصناعة والتجارة.

***تاريخياً:** وعرف ممفورد المدينة بأنها حقيقة تراكمية في المكان والزمان، ويمكن استقراء تاريخها من مجموعة التراكمات التاريخية، والأخذ بالمبدأ التاريخي الذي يقول أن المدينة تاريخ قديم، وأن التعرف عليها يتم من خلال الشواهد العمرانية القديمة، وبالتالي فإن الحكم عليها من هذا المنطلق غير مقبول.

***موقعياً:** تنشأ المدن في مواقع مختارة تتمتع بأفضليتها عن سواها من المدن، ويرى الجغرافيون أن المدينة حقيقة مادية مرئية، يمكن تحديدها والتعرف عليها بمظهر مبانيها وكتلتها وطبيعة شوارعها ومؤسساتها...إلخ.

التخطيط الحضري:

التخطيط الحضري هو استراتيجية من الاستراتيجيات التي يضعها أصحاب القرار لتوجيه البيئات الحضرية وضبط توسعها وتحسين ظروف العيش بها عن طريق توزيع أفضل للأنشطة والخدمات وتحقيق أقصى الفوائد للساكنة. ويشمل أيضا مجموعة من الخطط لتنسيق وتنظيم المدينة من النواحي الوظيفية، الاقتصادية والاجتماعية، ويتم التخطيط في إطار زمني معين مع مراعاة الإمكانيات والإكراهات المرتبطة بالمجال المخطط له[1].

وعرفه بيار ميرلان (Pierre Merlin) أنه مجموع الدراسات والخطوات وكذا المساطر القانونية والمالية التي تسمح للمؤسسات العمومية بالتدخل بهدف تطبيق الاختيارات المتبناة، أي تدخل الإدارة بأدوات منهجية ووثائق مرجعية لتنظيم المجال.

II. الأخطار الحضرية:

لا يوجد خطر يمكن تسميته حضريًا حصريًا. وما يجعل المنطقة الحضرية فريدة من نوعها هو الوجود الفعال للعامل البشري الذي من خلال أنشطته وكثافة منشآته وغيرها يزيد من قابلية تأثر بعض العوامل بما في ذلك السكان. لذا يمكننا تعريف المخاطر الحضرية بطريقة بسيطة للغاية، باعتبارها المخاطر المرتبطة

[1] محمد آيت ناصر: **التخطيط الحضري بالمغرب**، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة ابن الطفيل، مارس 2023، ص. 8.

بإقليم المدينة. ولذلك فإن الخطر الطبيعي الحضري هو خطر الوحدة الجغرافية التي تقع فيها المدينة. ترتبط المخاطر الخاصة بالمدينة (المخاطر الحضرية) بشكل أساسي بالتنمية الحضرية[1].

كما أن الأخطار الحضرية لها تأثير سلبي على سكان المناطق الحضرية والبنية التحتية. يمكن أن تكون طبيعية، مثل الفيضانات أو الأعاصير أو الزلازل، أو بشرية المنشأ، مثل الحرائق أو الحوادث الصناعية[2].

II.1 السياق العام للأخطار بالمجال الحضري:

يشكل التوسع الحضري السريع ضغوطا على الأراضي والخدمات إذا ما لم يقابله تخطيط حضري مستدام وقرارات ملائمة خاصة باستخدام الأراضي. والنتيجة إقبال السكان الوافدين على المدن وإقامتهم في مناطق محفوفة بالأخطار، مثل الأراضي الساحلية المنخفضة، أو السهول الفيضية أو المنحدارات غير المستقرة والحادة، إضافة لذلك عملية البناء العشوائي في غياب المعايير المطلوبة وعدم احترام ضوابط التعمير ومخططاته، من العوامل الرئيسية الأخرى الكامنة وراء المخاطر بالوسط الحضري[3].

II.2 آليات التخطيط التدبيري للأخطار الحضرية:

وضع مكتب الأمم المتحدة للوقاية من التلوث (UNISDR) دليلا تحت عنوان "**تمكين المدن من القدرة على الصمود**" يتضمن مجموعة من التدابير المرتبطة بتدبير الأخطار والأزمات موجها لمدن العالم. ومن بين أهم هذه التدابير ما يلي[4]:

- **الإعداد من أجل القدرة على الصمود:** يجب أن يولى موضوع الحد من مخاطر الكوارث أهمية قصوى في المخططات المختلفة المعدة لتدبير المدينة(مخطط التهيئة، مخطط التنمية... إلخ).تحدد فيه المسؤوليات بشكل واضح لا يحتمل اللبس.
- **تحديد وفهم واستخدام سيناريوهات الخطر الحالية والمستقبلية:** يجب الاستفادة من البيانات المتعلقة بالأخطار السابقة بشكل يسمح بإعداد جرد وتقييم للمخاطر المحتملة تستند إلى عمليات تشاركية واستخدامها ضمن المخططات الحضرية.
- **تعزيز القدرة المالية من أجل القدرة على الصمود:** من خلال رصد الإمكانيات المالية الضرورية لتمويل البرامج المنبثقة عن تخطيط الكوارث.

---

[1] Ines Thazir, Zehioua Bernia HECHAM : **Gestion des risques urbains dans un perspective de développement durable- cas de la ville nouvelle Ali Mendjli, wilaya de Constantine**-. Les 4ème RIDAAD, École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE] et École nationale supérieure de l'architecture de Lyon (ENSAL), Vaulx-en-Velin, France, Jan 2017, P.05.

[2] https://www.openscience.fr/Risques-urbains(29/01/2024).

[3] محمد آيت ناصر: **مرجع سابق**، ص. 34.

[4] محمد آيت ناصر: **مرجع سابق**، ص. 35.

- **تطبيق تصاميم وتنمية حضرية قادرة على الصمود:** القيام بتخطيط وتطوير حضري على دراية بالمخاطر يعتمد على تقييمات واقعية ومحينة للمخاطر مع تركيز خاص على المجموعات السكانية المُعرضة المهددة والتزام الصرامة في تطبيق معايير البناء والتعمير ومقاومة للمخاطر.
- **تعزيز القدرة المجتمعية على الصمود وتقويتها:** من خلال تحفيز علاقات التضامن الاجتماعي وثقافة المساعدة المتبادلة عبر قنوات الاتصال المختلفة.
- **ضمان الاستجابة الفعالة للكوارث:** وضع خطط للتأهب وتحديثها بانتظام والربط بنُظم الإنذار المبكر وزيادة قدرات الإدارة والطوارئ على الاستجابة والتفاعل الفوري.

III. التعمير في المناطق الزلزالية:

العمران الذي يأخذ البعد الزلزالي هو علم جديد في العالم أدخل في فن البناء ظهر بعد منتصف القرن العشرين في الولايات المتحدة واليابان.

والتجارب الزلزالية السابقة أثبتت أن الخسائر الناجمة عن طريق النجدة هي الأكبر من الخسائر الناتجة عن الهزة، ومن أجل الحفاظ على الأرواحِ والممتلكات، وبناء قدرات الأمم والمجتمعات على مواجهة الكوارث، ولتحقيق جاهزية أعلى ومخاطر أقل في أنظمة التشييد والبناء، ما زالت الهندسةُ قادرةً على جعل المستحيل ممكناً، وهذا يتطلب تبني منهجية الهندسة المتجددة، والتخلي عن منهجية الهندسة الدارجة، فمن وجهة نظر هندسة الزلازل، يبدأ التصميم الزلزالي للمبنى من الخطوط الأولى التي يرسمها المهندس المعماري، الذي يستطيع أن يجمع بين ثلاثية التصميم الجميل، والوظيفة الفعالة، والإنشاء المقاوم للزلازل.

III.1 تأثير الهزات الأرضية على المباني والمنشآت العمرانية :

تنقسم الأضرار الناتجة عن الزلازل إلى 3 أنواع وهي[1]:

- **أضرار مباشرة :** تتمثل في أعداد الوفيات والجرحى والتأثيرات النفسية والمادية الناتجة عن تدمير وانهيار المباني والبنى الأساسية وتدمير المنشآت الصناعية وخطوط الكهرباء وأنابيب الغاز...إلخ
- **أضرار غير مباشرة:** تتجسد فيما تخلفه الزلازل من تبعات على إقتصاد الدول ومصادر دخلها وعلى حياة الناس وطرق عيشهم وعلى أنظمة الدول وأجهزتها المختلفة.
- **أضرار ثانوية:** تتمثل في الحرائق والفيضانات والانهيارات الأرضية التي تحدث بعد الزلزال مثل التسونامي الذي يضرب الشواطئ والتلوث بالمواد الكيميائية أو الإشعاعية بالإضافة إلى العديد من الأمور التي تحدث بعد الهزة الأرضية.

ومما سبق نستنتج أن إنهيار أو تضرر المباني والمنشآت يرجع للأسباب التالية[1] :

[1] https://jeseco-co.com/the-effect-of-earthquakes-on-concrete-structures/#:~:text(30/04/2023).

III.1.1 الانهيارات الجيوتقنية :

يقصد بالانهيارات الجيوتقنية الانهيارات التي تحدث نتيجة لخلل يصيب بنية تربة التأسيس، و تقسم أنواع الخلل إلى ثلاثة أنماط أساسية هي تميع التربة و تشقق سطح الأرض و الانزلاقات الأرضية.

الصورة رقم (01):انهيار ناتج عن تشقق الأرض بالقرب من سد شيه-كانغ تايوان	الصورة رقم (02):السبب المباشر لانهيار هذا البناء في زلزال اليونان هو تميع التربة وتدني تربة التأسيس
Source:https://www.startimes.com/f.asp(21/05/2018)	

III.1.2 إنهيارات بسبب أخطاءٍ إنشائية:

غالباً ما تكون الانهيارات بشكلٍ عام ناتجة إما عن أخطاء تصميمية و/أو تنفيذية، وتتجلى الأخطاء التصميمية بعدم الالتزام بمتطلبات الأكواد الهندسية أو سوء تقدير الحمولات أو خلل في اعتبارات الجملة المقاومة أو أخطاء في الحسابات ..إلخ، أما الأخطاء التنفيذية فتظهر في عدم الالتزام بالاشتراطات التصميمية أو سوء اختيار المواد أو تكنولوجية التنفيذ القاصرة أو قلة نوعية التنفيذ بشكلٍ عام، وبصفة عامة الأخطاء الإنشائية تكون على مستوى الجملة الإنشائية، العقد، القساوة أو الطواعية، التراكبات والوصلات، التسليح الطولي، التسليح العرضي، الأعمدة المعلقة، الأساسات.

[1] الدكتور جلال نمر الدبيك: **التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل**، قسم هندسة البناء، كلية الهندسة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين، 2010. ص ص. 85-93.

الصورة رقم (03): انهيار بالقرب من منطقة العقدة و السبب ناتج عن قلة التسليح العرضي	الصورة رقم (04): انهيار ناتج عن عدم تطبيق المتطلبات الأساسية الخاصة بأبعاد الأعمدة

Source:https://www.startimes.com/f.asp(21/05/2018)

III.3.1 انهيارات بسبب أخطاء التصميم المعماري:

تعتبر أخطاء التصميم المعماري من أهم الأسباب التي تؤدي لانهيار المنشآت بسبب الزلازل، و أحياناً يمكن تدارك بعض الإشكاليات التي يخلقها التصميم المعماري و التي لا تنسجم مع احتياطات الأكواد الزلزالية عن طريق عددٍ من الحلول الإنشائية التي غالباً ما تؤدي إلى زيادة كلفة البناء.

أ.الفواصل الزلزالية :

واحدة من أكثر الأضرار انتشاراً هي تلك الناتجة عن حادثة الطرق أو السحق، و هي تنتج عن تصادم الكتل المتجاورة في المنشأة نفسها، أو عن التصادم بين المنشآت المتجاورة حيث يكون التباعد بينها قليلاً.

ب.عدم الاستمرارية الطابقية:

إن عدم الاستمرارية الطابقية يؤدي إلى حدوث تراكيز في الإجهادات أو اختلاف في طبيعة التشوه مما يساهم في حصول الانهيار.

إن أهم مظاهر عدم الاستمرارية تتجلى في:

- وجود فتحات في البلاطة حيث تكون المساحة الكلية لهذه الفتحات بما فيها فتحة الدرج و فتحات المصاعد تتجاوز 3/1 المساحة الطابقية الصافية.
- في الحالات التي تؤدي فيها الفتحات إلى وجود صعوبة في الانتقال الآمن للحمولات الزلزالية إلى العناصر

الإنشائية الشاقولية.

- حصول تناقصات مفاجئة في صلابة الطوابق.

الصورة رقم(05): انهيار في أضنة ناتج عن ظاهرة الطرق	الصورة رقم (06): الفتحات الطابقية أدت إلى خلل في الانتقال الآمن للحمولة الزلزالية إلى جدران القص مما أدى إلى حصول انهيار

Source:https://www.startimes.com/f.asp(21/05/2018)

ج.التكوين المعماري للواجهة :

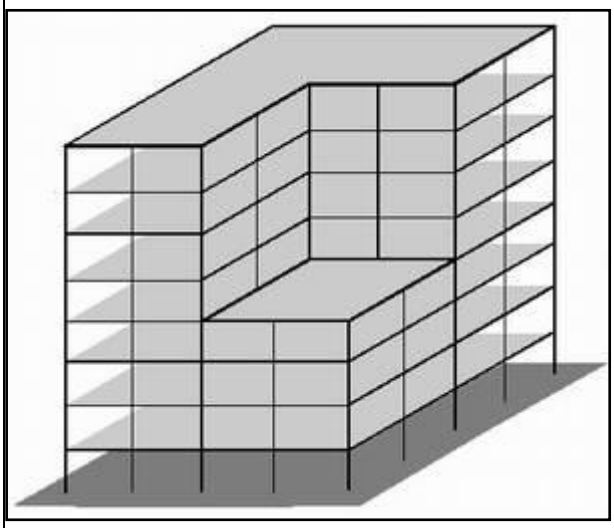
تعتبر الواجهة الشاقولية المستطيلة الشكل واجهة مناسبة للكتلة الخالية من الفواصل، و من النقاط الواجب أخذها في تصميم الواجهة الشاقولية تجنب الواجهات التي يزيد فيها بعد الكتلة بالأعلى أكثر من الأسفل و ذلك بسبب زيادة احمال المنشأة و زيادة حصة الطوابق العلوية من قوة القص القاعدية نتيجةً لزيادة وزن الطوابق في الأعلى.

و لا ينصح بقبول الواجهات التي يقل فيها العرض بالأعلى كثيراً عن العرض بالأسفل.

د.مادة البناء :

تلعب مادة البناء دوراً أساسياً في مدى كفاءة المنشأة لمقاومة الزلازل، فكلما كانت المادة خفيفة الوزن و ذات قدرة تحمل مرتفعة على الضغط و الشد في آن واحد و تتصف بطواعية مرتفعة كانت هذه المادة أكثر مقاومة للأفعال الديناميكية الناتجة عن الزلازل.

البناء الطيني :يعتبر الطوب (الطين) من أسوء المواد لمقاومة الزلازل، و ذلك نظراً لوزنه الكبير وضعف مقاومته و قلة ترابطه، و من المفضل عدم استخدامه كمادةٍ للبناء و خاصة في المناطق المتوسطة والمرتفعة الشدة الزلزالية، أما في المناطق المنخفضة الشدة الزلزالية فيجب ألا يزيد عدد الطوابق المبنية بالطوب عن طابق أو طابقين.

الشكل رقم (01): تصميم معماري يؤدي إلى نشوء إجهادات مركزة	**الصورة رقم (07): انهيار بناء طيني في اليونان**
	

Source:https://www.startimes.com/f.asp(21/05/2018)

2.III الضوابط المعمارية والإنشائية للتصميم الزلزالي :

هناك عددا من التوصيات العامة لتحسين التجاوب الزلزالي للمباني والمنشآت وتتمحور هذه التوصيات في عملية ضبط التشكيل المعماري والإنشائي للمباني وذلك من خلال تحقيق التماثل في الأشكال والكتل والصلابات للمنشآت في المستويين الأفقي والرأسي، وأن الإلتزام بهذه التوصيات في عملية التصميم والتنفيذ يضمن تجاوبا زلزاليا مناسبا ومقبولا للمنشآت ومن أهم هذه الضوابط ما يلي[1]:

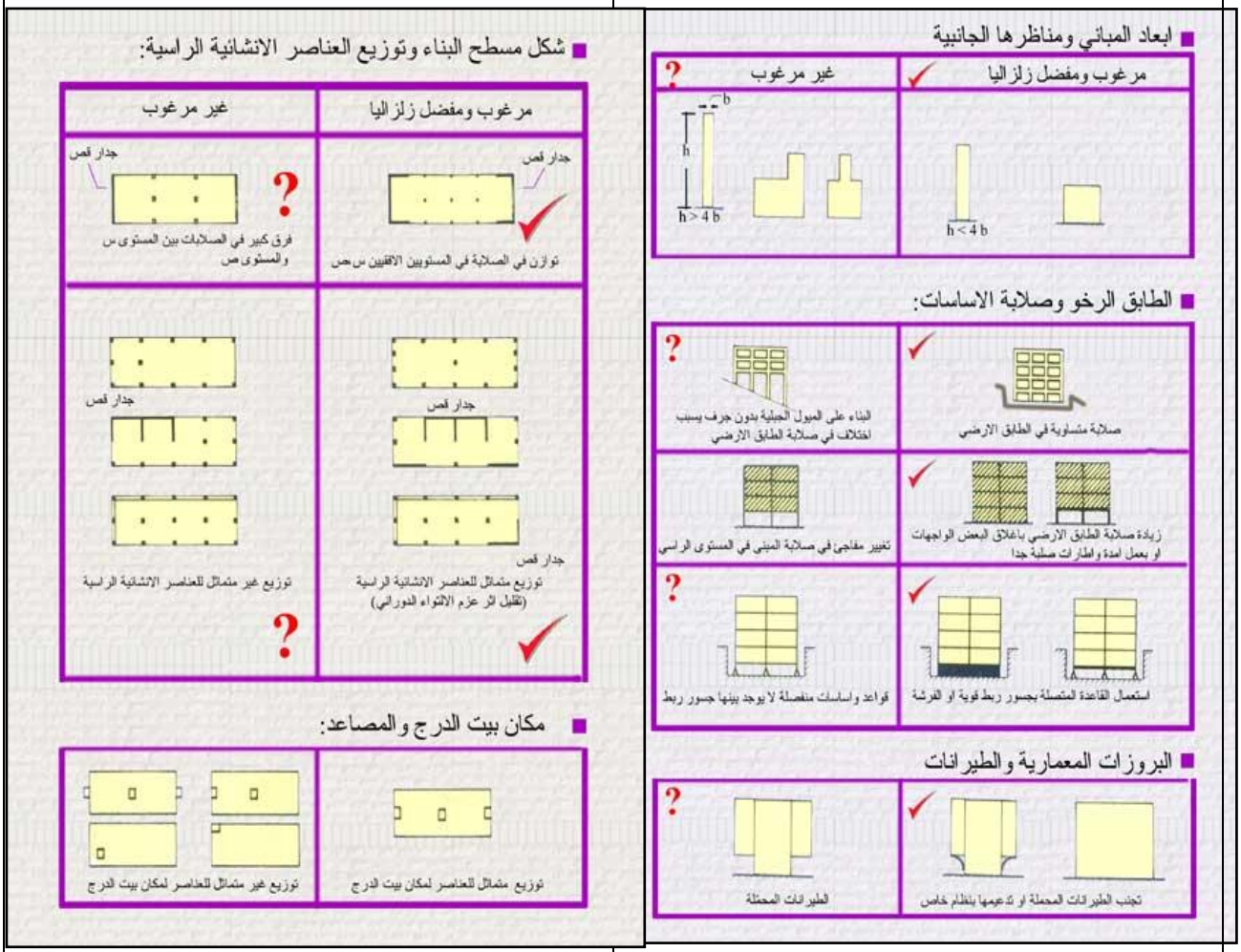
1. تخفيف الوزن الميّت للمنشأ قدر المستطاع لأن القوى الزلزاليّة تزداد بزيادة وزن المنشأ.
2. تحقيق التماثل لأشكال المباني في المساقط الأفقية و الرأسية.
3. تأمين توزيع متماثل للكتل أفقيا و رأسيا.

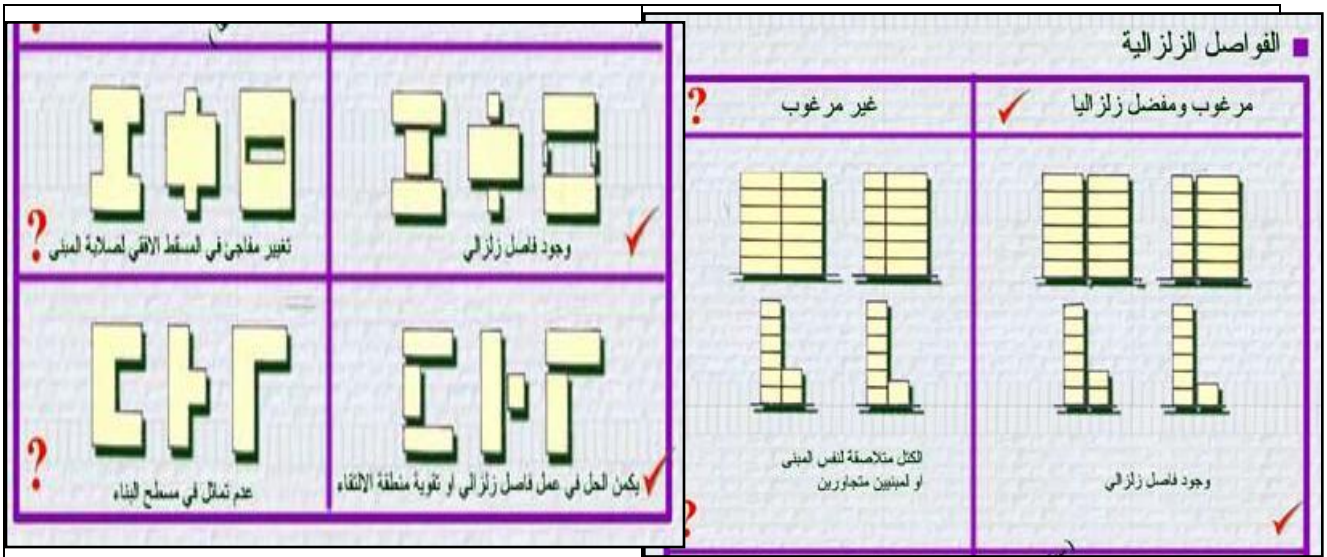
[1] م لينا علي إبراهيم، أ.د.م غسان عبود: **دور المهندس المعماري في تصميم المباني المقاومة للزلازل محليا**، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجمد الثامن والثلاثين، العدد الأول، 2022، ص ص. 85-88.

4. تأمين استمرارية العناصر الإنشائية والصلابات بشكل متماثل من الأسفل إلى الأعلى، ويسمح بحصول اختزال تدريجي لصلابة العناصر الإنشائية الرأسيّة بما يتناسب مع اختزال مقاطعها كلما اتجهنا من أسفل إلى أعلى.
5. اذا كان ارتفاع المبنى يزيد عن 4 أضعاف عرضه يوصى بالالتزام بالتصميم الزلزالي الخاص بالمباني البرجيّة.
6. وعند استخدام الفواصل الزلزالية سواء بين أجزاء المباني الجديدة (بهدف تحقيق التماثل أو أي أسباب إنشائية أخرى) أو بين المباني القديمة القائمة والجديدة، فيجب في كلتا الحالتين تأمين مسافة كافية لعرض الفاصل الزلزالي وذلك تجنبا لتصادم المبنيين أو جزئي المبنى المتجاورين.
7. تجنب البناء على الأراضي شديدة الانحدار و خصوصا تلك التي تتكون تربتها من صخر فكاك.
8. تجنب البناء على الأراضي المنحدرة ذات التركيب الجيولوجي القابل للانزلاقات (مثل التربة الطينية و الكلسية)، علما أن هذا النوع من الأراضي معرضة والانزلاقات حتى بدون هزات أرضيّة.
9. تجنب استخدام الطيران أو نظام البلكونات في المباني و خصوصا إذا كانت الطيرانات كبيرة وعليها أحمال ميتة عالية، و إن تعذر لأسباب وظيفية أو معمارية فيجب الالتزام بطرق التصميم الخاصّة.
10. تجنب مرور خطوط التمديدات الصحيّة و غيرها من خلال العناصر الإنشائية الرئيسية الأفقية و الرأسية، مع استخدام تشكيلات غير إنشائية خاصّة بهذه التمديدات كالمناور.
11. الانتباه للأعمدة القصيرة أو لظاهرة تشكيل الأعمدة القصيرة، والتي تكون عرضة للقوى القاصة الزلزالية العالية، وان تشكلت هذه الأعمدة لأسباب معمارية يوصى بتأمين مقاومة كافية للقوى القاصة من خلال تكثيف خاص للكانات، وتأمين نوعية عالية للخرسانة ومن الأمثلة على تشكيل الأعمدة القصيرة فان المنطقة التي تفصل نافذتين متجاورتين في الجدار الواحد تعتبر عمودا قصيرا.
12. الاهتمام بالجدران الخارجية الخرسانية أو الخرسانية المسلحة أو جدران الخرسانة ، وذلك من خلال تأمين تفاصيل التنفيذ المناسبة وتحقيق التماثل نظرا لتأثيرها الكبير والمميّز على تصرف البناء تحت تأثير الزلازل.
13. عند استخدام الإطارات الخرسانية المسلحة يجب الالتزام بتحقيق العلاقة بين الأعمدة والجسور، وذلك بتصميم عمود قوي وجسر أقل قوة أو ما يقال علميّا عمود قوي و جسر ضعيف، وفي هذه الحالة هناك حاجة لاستخدام أشكال وأبعاد مناسبة للأعمدة و اعتماد ضوابط خاصّة.
14. لتجنب حصول اجهادات إضافية معقدة في العناصر الإنشائية للمبنى يجب تأمين صلابة كافية لقاعدة المبنى، و ذلك باستخدام أساسات ذات صلابة عالية بما يتلاءم مع نوع التربة، فمثلا

اذا كان نوع التربة يسمح باستخدام القواعد المنفصلة ففي هذه الحالة يجب توفير صلابة عالية لجسور الربط الأرضية بين القواعد.

الشكل رقم (02):الضوابط المعمارية والإنشائية للتصميم الزلزالي





Source : http://77.42.251.205/ClarificationsNoteDetails.aspx?id=18607&language=ar(22/03/2018).

3.III.تصورات للمدن التي تأخذ بعين الإعتبار البعد الزلزالي Les villes parasismique :

وبما أن الزلازل أحد القياسات أو الاختبارات التي تكشف قوة المباني والتسليح والأساسات، فلابد أن نتكلم عن أهمية التخطيط العمراني للمناطق الزلازالية وأن هناك معالجات تخطيطية لهذه المنشآت من أجل تفادي الخسائر عند البناء في هذه المناطق، لابد أن نهتم بالمعالجات التخطيطية.. أولا عند اختيار مواقع المدن الجديدة والمشروعات الاستراتيجية يجب أن نتجنب التي تتعرض للزلازل.. وإذا أردنا أن نبني فيها يجب أن تحقق ما يلي[1] :

1. تربة التأسيس:

تؤثرعلى سلوك المبني واستجابته لحركة التربة الاهتزازية وذلك من حيث سمك تربة التأسيس فوق الطبقة الصخرية وسرعة الأمواج الزلزالية في تربة التأسيس وطبيعة تشوه تربة التأسيس عند تعرضها للأمواج الزلزالية، وإمكانية تمييع (تسييل) التربة عند تعرضها للأمواج الزلزالية. لذا يجب أن نعمل جسات للتربة التي ستقام عليها المدينة. فإن هشاشة أو ضعف التربة يكون تأثير الزلازل عليها أكبر، لأن أي حركة في باطن الأرض تنفذ سريعا إلي أعلي سطح الأرض وهذه المناطق يجب أن تستخدم في الإنشاءات المفتوحة من

[1] https://www.caue-martinique.com/pour-une-approche-parasismique-de-lurbanisme-et-de-lamenagement-du-territoire/(21/04/2018).

الملاعب والحدائق وغيرها ويجب مراعاة استعمالات الأرض ويستحسن ألا يكون فيها صناعات ثقيلة أو صناعات استراتيجية، بحيث لا تتعرض لهذه الزلازل.

2. شوارع عريضة ومفتوحة :

وعند تخطيط شبكة الشوارع يجب ألا تكون هناك شوارع مغلقة ولكن شوارع فيها أكثر من فتحة للهروب. أي شبكة طرق مستقيمة وفيها نوع من التداخل اللازم، وذلك للحد من آثار الزلزال .

3. الشبكات المختلفة :

- **الماء** : شبكة حلقية مع مرفق مرن مع إمكانية ترابط حلقة بأخرى .
- **صرف المياه** : تشكيل قناة لينة قادرة على استيعاب تشوهات كبيرة .
- **الغاز** : شبكات لينة مع حنفية تحكم في نقطة تقاطع لعزل سريع للقناة .
- **كهرباء** : شبكات تحتية مع غمر مرنة مع حواجز قطع وحماية ضد التيارات الشاردة (الضائعة).

4. **توزع الخدمات الأساسية والهامة في المدينة** :

ويجب أيضا عمل حساب مراكز الإسعاف والمطافئ والدفاع المدني، بشكل مرن ومنتشر بنطاقات تأثير أكبر لضمان سرعة أن تقوم هذه الخدمات بواجبها وقت الحاجة.

5. **تصميم المباني بحيث تحقق المقاومة والاستقرار والثبات الكافي**:

لضمان عدم حدوث أي انهيار جزئي أو كلي. وكذا تجنب حدوث خسائر بشرية كبيرة عند تعرضها لزلزال ذي شدة متوسطة إلي عالية ويحتمل حدوثه مرة واحدة خلال العمر الافتراضي للمبني. ولزيادة الأمان الزلزالي. فقد تم تصنيف المنشآت حسب درجة أهميتها للأمان العام. واحتمالية حدوث خسائر في حالة الانهيار وذلك كالتالي:

- المنشآت التي يمثل تماسك عناصرها أثناء الزلزال أهمية كبيرة للأمان العام مثل المستشفيات ومحطات المطافئ ومحطات الكهرباء ...إلخ
- المنشآت التي لها أهمية وجود مقاومة زلزالية بالنظر لحالة انهيارها مثل المدارس وصالات التجمع والمراكز
- المنشآت العادية وهي المباني السكنية.

6. تجنب التصادم:

حماية المباني الحديثة من الاصطدام مع بعضها البعض، نتيجة الحركة الأرضية للزلزال حيث يمكن القيام بذلك عن طريق عمل فواصل زلزالية، بعرض كاف بين حدود المباني القابلة للتصادم بحيث لا يقل عرض الفاصل عن الحركة الجانبية القصوى للمبنيين المجاورين. ويجب تفادي اختلاف مناسيب الأدوار في المباني المتجاورة، وذلك لتقليل خطورة ظاهرة التصادم.

7. الكثافة السكانية :

في المناطق الزلزالية يجب أن تكون الكثافة السكانية منخفضة .

4.III بعض التقنيات الحديثة المضادة للزلازل:

يتم استخدام تقنيات متقدمة في بناء المنازل المقاومة للزلازل، مثل استخدام أنظمة تخفيف الاهتزاز وتبديد الطاقة. يمكن أن تشمل هذه التقنيات استخدام العوازل المطاطية والمنحنيات المعدنية الخاصة لتوجيه القوى الزلزالية بعيدًا عن الهيكل الرئيسي للمبنى. من بين هذه التقنيات يمكننا ذكر ما يلي[1]:

تقنية الأساسات المعزولة :وتتلخص في استخدام قواعد مطّاطية بسُمْك معين، توضع أسفل الأساسات الخرسانية للبناء، وتساعد لدانتها ومرونتها على امتصاص وإخماد طاقة الهزات الأرضية. وتستخدم هذه الطريقة استخداما واسعا في اليابان، حيث يستخدم 9 آلاف مبنى هذه الطريقة.

وتتبنى دول أخرى، مثل تشيلي والصين وإيطاليا والمكسيك وبيرو وتركيا والولايات المتحدة هذه التقنيات بدرجات متفاوتة، ومن المباني الشهيرة حول العالم المبنية بهذه الطريقة مبنى الكابيتول في ولاية يوتاه، حيث صُمم لتحمل زلزال بقوة 7.3 درجات على مقياس ريختر.

تقنية المثبط الكتلي :تستخدم هذه التقنية كتلة ثقيلة متأرجحة (مصنوعة من الصلب) تعمل دور بندول (نوّاس) مركزي مصمم للتأرجح عكس الانحناء الذي يسببه الزلزال في المباني لمعادلة تأثير الهزة الأرضية. وفي بعض الأحيان تكون الكتلة مصممة من خلال سائل يتحرك بنفس طريقة البندول (معاكس للانحناء) لعكس التأثير الذي يسببه الزلزال. يذكر أن مبنى (تايبيه 101) في تايوان مصمم وفق هذه الطريقة، بالإضافة إلى مبنى برج خليفة في الإمارات.

تقنية الجسر المركزي :حيث يربط جسر منزلق مصمم لامتصاص الصدمات مبنيين عاليين عادة، وقد صمم برج "بتروناس" التوأم في ماليزيا الذي أنجز عام 1999 بهذه الطريقة، وهو أطول برج توأم في العالم بارتفاع 452 مترا. ويرتبط البرجان الزجاجيان بجسر مركزي تم تصميمه للانزلاق داخل وخارج المبنى.

[1] https://www.hmengservices.com/2023/05/earthquake-resistant-structures.html(30/01/2024).

تقنية العازل المبني أو العازل المستقل: أحد الابتكارات الهامة في **تصميم المباني والهياكل** في اليابان .تم تطوير نظام يعرف باسم "العازل المبني" أو "العازل المستقل"، وهو يتضمن تثبيت هياكل مباني بطريقة تمكنها من الحركة الرأسية والأفقية أثناء وقوع الزلازل. تعمل هذه التقنية على تقليل الاهتزازات وتوزيع القوى الديناميكية الناتجة عن الزلازل، وبالتالي تقليل التأثير على المباني وحماية سلامة سكانها.

تقنية التخفيف الزلزالي: تستخدم اليابان تقنية تسمى "تكنولوجيا الصدمات" أو" **التخفيف الزلزالي** ."يتم استخدام المواد المرنة والمطاطية في البناء، وتركيب نظام من الربط المرن بين الأعمدة والجدران والسقوف. هذا النظام يعمل على امتصاص الطاقة الناجمة عن الزلازل وتوجيهها بعيدًا عن المباني، وبالتالي يقلل من التلف الناجم عن الزلازل.

الشكل رقم (03): إستعمال بعض التقنيات الحديثة المضادة للزلازل في المباني

Source : https://www.hmengservices.com/2023/05/earthquake-resistant-structures.html(30/01/2024).

IV. متطلبات التخطيط الحضري في المدن المعرضة لخطر الفيضانات:

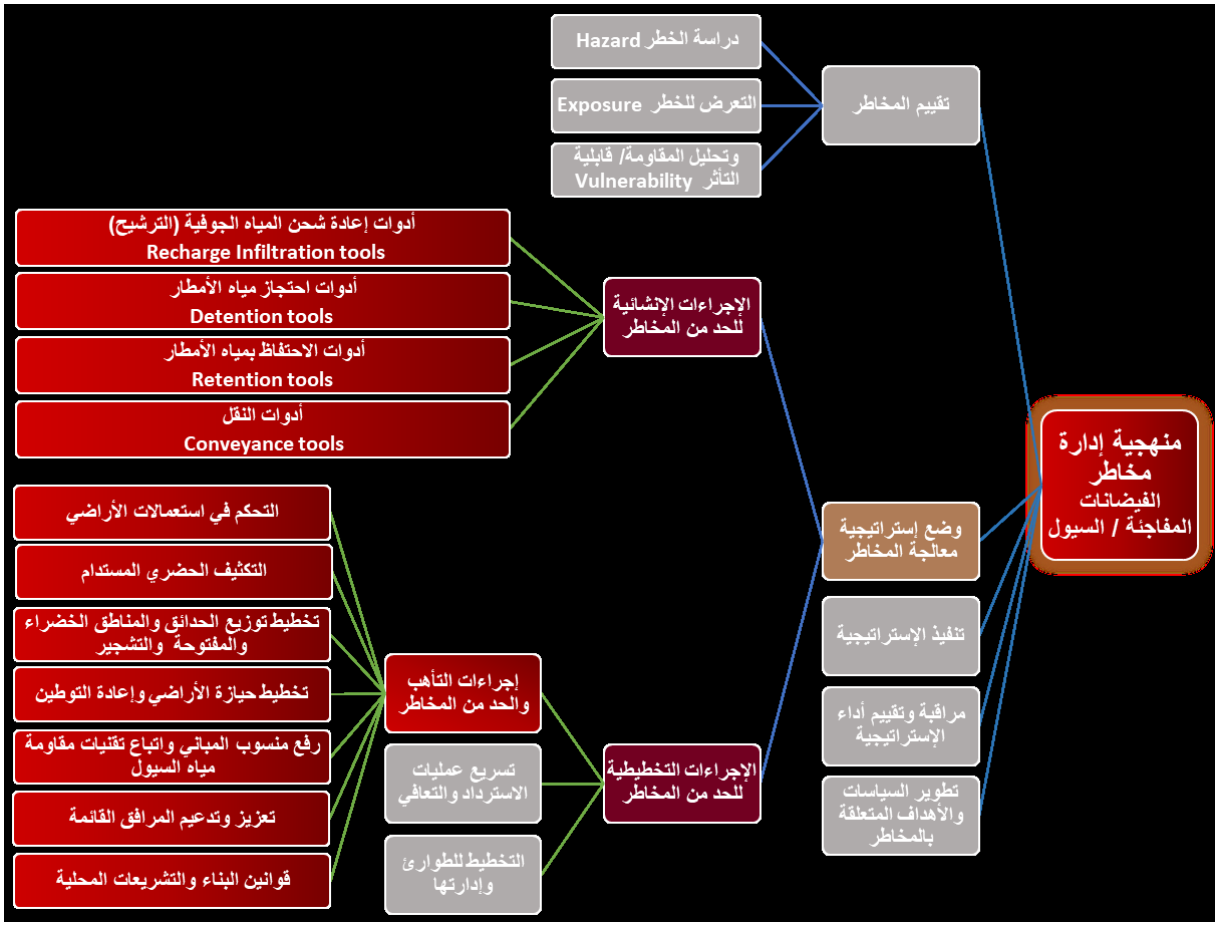
تعتبر الفيضانات من أكثر الكوارث الطبيعية تهديدا للمدن، فالمجتمعات الحضرية هي الأكثر تأثرا من حيث الخسائر البشرية والاقتصادية، نتيجة لما يمر به العالم من تغيرات مناخية، لهذا وجب مجموعة من الإجراءات والحلول والمتطلبات التخطيطية على مستوى المدن المعرضة لخطر الفيضانات من أجل الحد أو التقليل من أخطار الفيضانات من أجل **خلق مدن قادرة على التكيف والصمود أمام الصدمات** وهذا ما أقرته هيئة الأمم المتحدة في خطتها التي تبنتها في حدود سنة 2030 والمعروفة باسم "**تمكين المدن من القدرة على الصمود**".

1.IV الإجراءات المتبعة عالميا للتصدي لمخاطر الفيضانات :

من خلال الدراسات السابقة المعنية بالحد من مخاطر الفيضانات، وكنتيجة لتحليل الاستراتيجيات المعنية بالتعامل مع الكوارث الطبيعية، ودراسة فكر المدن القادرة على التكيف والصمود الذي تسعى هذه الاستراتيجيات لتطبيقه، وتحليل منهجية إدارة مخاطر الكوارث الطبيعية للمدن القادرة على التكيف والصمود؛ وبالتركيز على مرحلة ما قبل وقوع الكارثة(مرحلة التخطيط الاستباقي للكارثة) التي تعد المسئول الرئيسي عن تحديد حجم الضرر الناجم، حيث بوجود استعداد مسبق قبل حدوث الكارثة يؤدي ذلك الى تقليل حجم الخسائر الى أقل حد ممكن وقد يصل الي منع حدوثها، ومن دراسة المنهجيات السابقة المعنية بالحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة ومما توصل له الخبراء في هذا الصدد، حيث تم بناء منهجية تضم أبعاد رئيسية كما هي موضحة في الشكل رقم (04): والتي يمكن اتباعها للحد من مخاطر الفيضانات والتي تنقسم إلى قسمين رئيسيين يتمثلان في **الإجراءات الإنشائية للحد من المخاطر، والإجراءات التخطيطية للحد من المخاطر** وفيما يلي عرض تفصيلي لهذه الإجراءات[1].

[1] م. كريم أحمد فؤاد علي عياد وآخرون: **الإجراءات التخطيطية العالمية في مواجهة مخاطر السيول في البيئة المبنية ومدى موائمتها للحالة المصرية**، Contingency Planningof Adaptive Urbanism, FURP,2022 ص.82.

الشكل رقم (04): منهجية إدارة مخاطر الفيضانات



المصدر: م. كريم أحمد فؤاد علي عياد وآخرون: **مرجع سابق**، ص.82.

IV.1.1 الإجراءات الإنشائية للحد من مخاطر الفيضانات:

هي الإجراءات التي تعمل على التحكم في تدفق مياه الأمطار داخل وخارج المناطق الحضرية، وتنقسم إلى قسمين رئيسيين[1] :

أ. **الإجراءات ذات الهياكل الصلبة:** كمشاريع الأشغال العامة الكبرى، والتي عادة ما تستخدم بالنطاق الأشمل للتجمع العمراني (حوض الصرف)، السدود والخزانات المبطنة بالخرسانة ...إلخ.

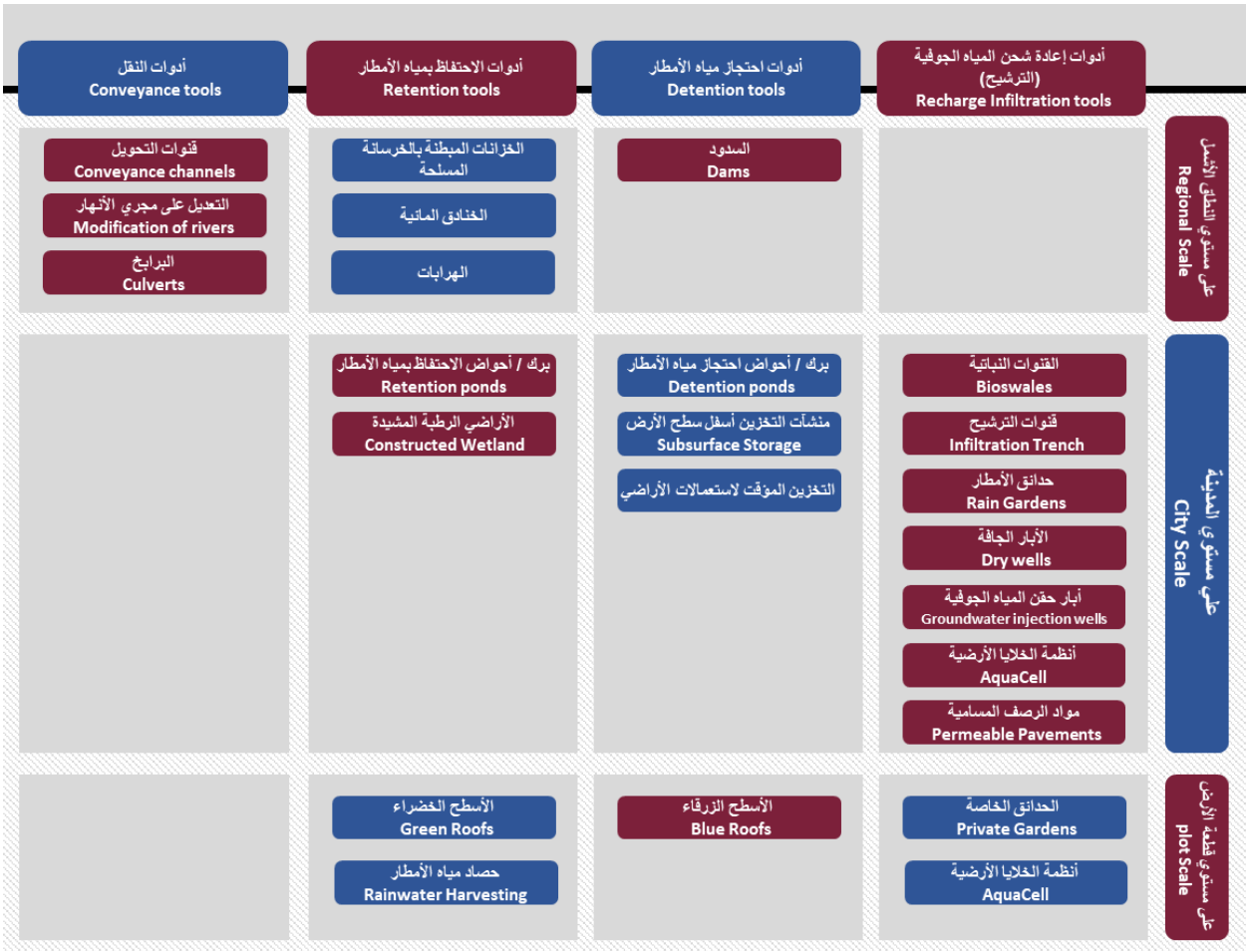
ب. **الأدوات التكميلية أو الطبيعية البديلة:** التي عادة ما تستخدم داخل المناطق الحضرية بهدف التخفيف من المخاطر وتقليل الجريان السطحي لمياه الأمطار كالأراضي الرطبة الطبيعية أو الصناعية، وأنظمة الترشيح بطبقات المياه الجوفية، ومرافق الاحتجاز/ الاحتفاظ بالمياه ...إلخ، وتصنف الإجراءات الانشائية تبعا لطبيعة عملها إلى أربعة أقسام رئيسية متمثلة في:

[1] م. كريم أحمد فؤاد علي عياد وآخرون: **مرجع سابق**، ص.83.

1. أدوات إعادة شحن المياه الجوفية (الترشيح) كالقنوات النباتية وقنوات الترشيح وحدائق الأمطار والآبار الجافة وآبار حقن المياه الجوفية والحدائق الخاصة ...إلخ.
2. أدوات إحتجاز مياه الأمطار كالسدود وبرك احتجاز المياه ومنشآت التخزين أسفل سطح الأرض والتخزين المؤقت لاستعمال الأراضي...إلخ.
3. أدوات الاحتفاظ بمياه الأمطار كالخزانات المبطنة بالخرسانة المسلحة والخنادق المائية وبرك الإحتفاظ بمياه الأمطار...إلخ.
4. أدوات تحويل ونقل مياه الأمطار كقنوات التحويل والتعديل على مجرى الأنهار.

وبمعرفة خصائص وطبيعة عمل كل آداة تم تصنيف تلك الإجراءات على المستويات التخطيطية (النطاق الأشمل (حوض الصرف) – المدينة– قطع الأراضي) كما هو موضح في الشكل رقم (05):

الشكل رقم (05): تصنيف الإجراءات الإنشائية للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة تبعا للمستويات التخطيطية وطبيعة عملها.



المصدر: م. كريم أحمد فؤاد علي عياد وآخرون: **مرجع سابق**، ص.83.

IV.1.2الإجراءات التخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات:

وهي إجراءات لتخفيف المخاطر بدون إقامة منشآت وليست وقائية كالإجراءات الإنشائية، أي أنه لا يمكن الاستغناء الكامل عن الإجراءات الإنشائية في مواجهة الفيضانات، وإنما يتبني الدمج بين وسائل النظامين الإنشائي والتخطيطي للحصول على أكفأ نظام للحماية من مخاطر الفيضانات ؛ ويمكن تصنيف الإجراءات التخطيطية تبعا لطبيعة عملهما إلى ثلاث فئات رئيسية على النحو التالي:

1. **تجنب الفيضانات والحد من المخاطر الناجمة عنها** :عن طريق تخطيط استعمالات الأراضي بالمناطق المتأثرة بمخاطر الفيضانات وتقسيم نطاقات للمخاطر وتحديد استعمالات الأراضي المسموحة بها؛ والتكثيف الحضري المستدام بالمناطق الأمنة وذات الطاقة الاستيعابية المنخفضة؛ وتخطيط توزيع الحدائق والمناطق الخضراء والمفتوحة التي تعمل على امتصاص مياه الأمطار داخل المناطق الحضرية؛ وتخطيط حيازة الأراضي؛ وتعزيز إجراءات التخطيط المعماري مثل رفع منسوب الطابق السفلي.
2. **تسريع عملية الاسترداد والتعافي:** بزيادة المرونة من خلال تحسين تصميم المباني والتشييد بعد وقوع الكارثة ما يسمى– "إعادة البناء بشكل أفضل".
3. **التخطيط للطوارئ وإدارتها** بما في ذلك الإنذار والإخلاء والاستعداد، بإنشاء نظام للوقاية والإنذار من الفيضانات ، وبناء مرافق الإخلاء، وخرائط الفيضانات، وخرائط الهروب؛ وخلق نظام متكامل من الضوابط والاشتراطات؛ والتأمين ضد الفيضانات باعتماد نظام لتقييم المخاطر لكل منطقة، ومراجعة المخططات المعمارية للمنطقة الحضرية لتحديد المناطق الضعيفة.

وتظهر الدراسات أن الحد من مخاطر الفيضانات ، يجب أن يتجنب الحلول القطاعية الفردية، ويتم من خلال استراتيجية متكاملة شاملة تجمع بين الإجراءات الإنشائية والتخطيطية للحد ممن مخاطر الفيضانات. فيتم إنشاء البدائل المختلفة تبعا لخصوصية كل حالة، وشدة الخطر المتعرض له التجمع العمراني، وفيما يلي عرض أبرز الاستراتيجيات المتكاملة المعنية بإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية والمتمثلة في :

- استراتيجية التنمية منخفضة التأثير (LID) التي تبنتها الولايات المتحدة الأمريكية ونيوزيلاندا في بداية التسعينات.
- أنظمة الصرف الحضري المستدامة (SUDS) التي تبنتها المملكة المتحدة في منتصف السبعينات.
- التصميم الحضري ذو الحساسية المائية (WSUD) الذي تبنته أستراليا في مطلع القرن الواحد والعشرين بهدف إعادة تدوير مياه الأمطار حتى تصبح المدن مستدامة ومرنة في التصدي للفيضانات الناجمة عن مياه الأمطار.
- إستراتيجية الإدارة المتكاملة للمياه الحضرية (IUWM).

- إستراتيجية المدينة الإسفنجية (Sponge City) والتي تبنت تطبيقها المدن الصينية في مطلع عام 2014.

2.IV نماذج عالمية لإجراءات للحد من مخاطر الفيضانات:

نحاول في هذا العنصر إلقاء الضوء على مجموعة من النماذج العالمية التي تبنت إستراتيجيات متكاملة لإدارة مياه الأمطار بالمناطق الحضرية للحد من مخاطر الفيضانات وهي كالتالي[1]:

1.2.IV مدينة هونغ كونغ الإسفنجية – الصين:

مدينة هونغ كونغ هي إحدى المدن الصينية الرئيسة التي تتعرض لمخاطر الفيضانات الشديدة، حيث يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي حوالي 2400 ملم، وينجم عنها تأثيرات سلبية فادحة قدرت في الأرواح بالآلاف، وتجاوزت الخسائر الاقتصادية 4,6 مليار دولار، إلى جانب ارتفاع حجم السكان المتأثرين والبالغ 7,4 مليون نسمة، فبدأت بتنفيذ استراتيجية المدينة الإسفنجية بها للحد من مخاطر الفيضانات بهدف امتصاص جزء من مياه الأمطار وتخزينها وإعادة استخدامها عند الحاجة، وتصريف الجزء الاخر طبيعيا بطبقات التربة العميقة، مما يعزز الوظيفة البيئية للمدينة ويقلل من الجريان السطحي لمياه الأمطار وبالتالي يحد من مخاطر الفيضانات والإجراءات الإنشائية والتخطيطية التي تم تنفيذها بالمدينة تتمثل فيما يلي:

أ. **الإجراءات الإنشائية:** تبنت المدينة تنفيذ مجموعة من الإجراءات على المستويات التخطيطية الثلاث:

- **على مستوى حوض الصرف/ النطاق الأشمل Regional Scale:** تبنت المدينة تنفيذ فكرة **قنوات التحويل** بهدف درء المخاطر بالنطاق الأشمل للمدينة على الكتلة القائمة، فتم تنفيذ نفق لاعتراض الجريان السطحي لمياه الأمطار عند المنبع، حيث تعتمد الفكرة على نقل مياه الأمطار دون تعرض الكتلة العمرانية القائمة لأية أضرار.
- **على مستوى المدينة City Scale** : بهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للإستفادة من طبيعة التربة المسامية والمساعدة على شحن المياه الجوفية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات تتمثل في: **حدائق الأمطار، القنوات النباتية، مواد الرصف المسامية،** وبهدف احتجاز مياه لخلق مناطق ترفيهية للسكان تم تبني تنفيذ **برك/أحواض الإحتفاظ بمياه الأمطار والأراضي الرطبة المشيدة.**
- **على مستوى قطع الأراضي Plot Scal** : بهدف الإحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ **الأسطح الخضراء على مستوى المباني.**

ب. **الإجراءات التخطيطية:** من بين الإجراءات التخطيطية للحد من مخاطر الفيضانات، التخطيط للمرافق الترفيهية والحدائق والمناطق الخضراء ذات السعة التخزينية لمياه الأمطار أثناء فترات التهاطل، لتقليل

[1] م. كريم أحمد فؤاد علي عياد وآخرون: **مرجع سابق (بتصرف)**، ص ص. 85 – 89 .

الجريان السطحي للمياه وتخزينها وإعادة إستغلالها، حيث بدأت بوضع خطط لتنشيط جزء من نهر تونغ تشونغ الحالي، وتحسين قدرته على الصرف وتحويله إلى أول حديقة نهرية في هونغ كونغ، توفير نظام متكامل للتنبؤ والإنذار بالفيضانات.

ومما سبق أثبتت الإجراءات المتبعة فعاليتها في التخفيف من تأثير الجريان السطحي لمياه الأمطار، وتقليل مخاطر الفيضانات حيث قلت المناطق المتعرضة للغرق والتأثيرات السلبية الناتجة عن الفيضانات من 90 منطقة عام 1995 إلى 7 مناطق عام 2017، وحققت النتائج المستهدفة في خفض الجريان السطحي لمياه الأمطار والمخاطر الناجمة عنها بنسبة 70%.

2.2.IV مدينة فيلادلفيا – الولايات المتحدة الأمريكية:

تعد مدينة فيلادلفيا أكبر مدينة بولاية بنسلفانيا الأمريكية، وأحد أكبر المراكز الخدمية، ويبلغ حجم سكانها 1,579 مليون نسمة سنة 2019، وتعد مدينة فيلادلفيا أحد المدن التي تتعرض للمخاطر الشديدة للفيضانات نتيجة للتغيرات المناخية الشديدة، مما يتسبب في حدوث خسائر كبيرة في الأرواح وخسائر إقتصادية بالغة، وتعد مدينة فيلادلفيا أحد الحالات المحدودة لتطبيق إستراتيجية التنمية منخفضة التأثير LID والتي تجمع بين العديد من الإجراءات المختلفة للحد من مخاطر الفيضانات وتتمثل هذه الإجراءات فيما يلي:

أ. **الإجراءات الإنشائية:** تبنت المدينة مجموعة من الإجراءات الإنشائية على المستويين (مستوى المدينة، ومستوى قطع الأراضي)، ولم تتبن تنفيذ إجراءات على مستوى حوض الصرف/ النطاق الأشمل، وفيما يلي الإجراءات المستخدمة:

- **على مستوى المدينة City Scale:** بهدف تعزيز ترشيح مياه الأمطار بالتربة للإستفادة من طبيعة التربة المسامية تم تبني تنفيذ مجموعة من الإجراءات تتمثل فيما يلي: **القنوات النباتية، قنوات الترشيح، حدائق الأمطار، مواد الرصف المسامية،** وبهدف احتجاز مياه الأمطار تم تبني تنفيذ **منشآت للتخزين أسفل الأرض،** وبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ **برك/ أحواض الإحتفاظ بمياه الأمطار.**
- **على مستوى قطع الأراضي Plot Scal :** بهدف ترشيح مياه الأمطار داخل قطع الأراضي تم الاعتماد على **حدائق الأمطار وأنظمة الخلايا الأرضية،** وبهدف احتجاز مياه الأمطار داخل قطع الأراضي تم الإعتماد على **الأسطح الزرقاء،** وبهدف الاحتفاظ بمياه الأمطار تم تبني تنفيذ **الأسطح الخضراء.**

ب. **الإجراءات التخطيطية:** تعتمد مدينة فيلادلفيا على هيئة الأرصاد الجوية للتنبؤ بالطقس وبأحداث الأمطار الشديدة التي ينجم عنها حدوث الفيضانات، حيث يتم التزويد بالوقت المحتمل لحدوث العاصفة وهطول الأمطار، وبكميات الأمطار الساقطة المحتملة للبدء بالإنذار المبكر تبعا لدرجة خطورة الحدث، وإنذار

المناطق شديدة التعرض للخطر، واتخاذ ما يلزم من إجراءات الاستعداد لتلافي الآثار السلبية وتقليل المخاطر.

ومما سبق أثبتت الإجراءات التي تم اتباعها بمدينة فيلادلفيا للحد من مخاطر الفيضانات فعاليتها في تقليص حجم مخاطر الفيضانات والجريان السطحي لمياه الأمطار على مستوى المدينة بنسبة 85%، وبالتالي تعد مدينة فيلادلفيا أكثر التجارب نجاعة في الحد من مخاطر الفيضانات من بين التجارب العالمية، كما ساعدت الإجراءات التي تبنتها مدينة فيلادلفيا في تحسين الصورة البصرية للمدينة والارتقاء بمستوى البيئة والمحافظة على استدامتها.

3.IV تحديد مفاهيم بعض التقنيات المستعملة في الحد من خطر الفيضانات:

من خلال تبني الكثير من الدول بعض الاستراتيجيات للحد من خطر الفيضانات في العقود الأخيرة وباعتمادها على الكثير من التقنيات الحديثة في مجال ترشيح أو الاحتفاظ أو الاحتجاز لمياه الأمطار والتي كان لها الأثر البالغ في التقليل من حدة الفيضانات على مستوى المناطق الحضرية، ومن بين هذه التقنيات المعتمدة نذكر ما يلي:

الأسطح الخضراء:

والتي تستخدم للمسطحات المتوسطة والكبيرة من حيث المساحة، مع قدرة حمولة أقل، والتي لا تتطلب أية إجراءات تنفيذية خاصة أو تكاليف صيانة باهظة، نظراً للسُمك المحدود للركيزة ونوعية النباتات التي تنتمي لنوعية النباتات الدائمة والتي تتميز بجذورها السطحية مثل العشب، الأزهار، النباتات العشبية المعمرة[1].

الصور رقم (09,08) : الأسطح الخضراء

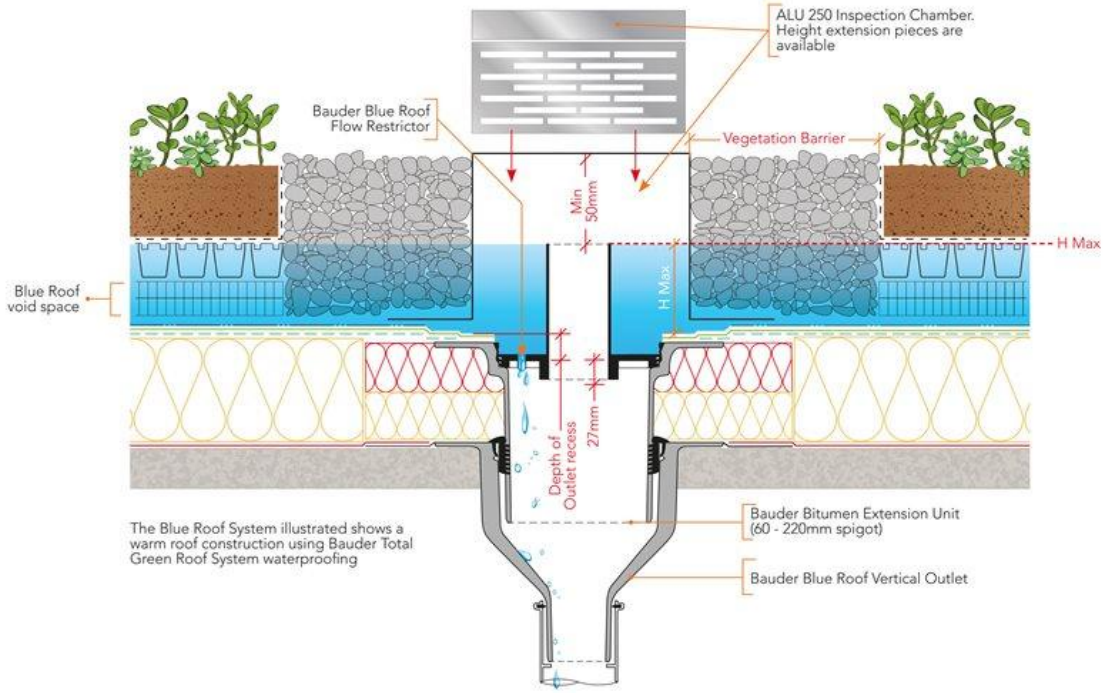
Source : https://www.daliform.com/ar/systems-for-roof-gardens-ar/(01/02/2024).

[1] https://www.daliform.com/ar/systems-for-roof-gardens-ar/(01/02/2024).

الأسطح الزرقاء:

يتم الاعتراف بشكل متزايد بالأسطح الزرقاء كبديل عملي وفعال من حيث التكلفة لإدارة مياه الأمطار على الأسطح، يتم احتجاز مياه الأمطار ثم إطلاقها ببطء مع مرور الوقت من خلال استخدام أجهزة أو هياكل التحكم في التدفق. وهذا يعني أن الأسطح الزرقاء أصبحت الآن أساسية للعديد من خطط الصرف الصحي. يتحكم السقف الأزرق في تدفق مياه الأمطار من السطح، مما يضمن عدم إرهاق نظام الصرف الموجود بالأسفل[1].

الشكل رقم(06): رسم توضيحي للأسطح الزرقاء



Source : https://www.bauder.co.uk/technical-centre/design-considerations/blue-roof-design-considerations(01/02/2024).

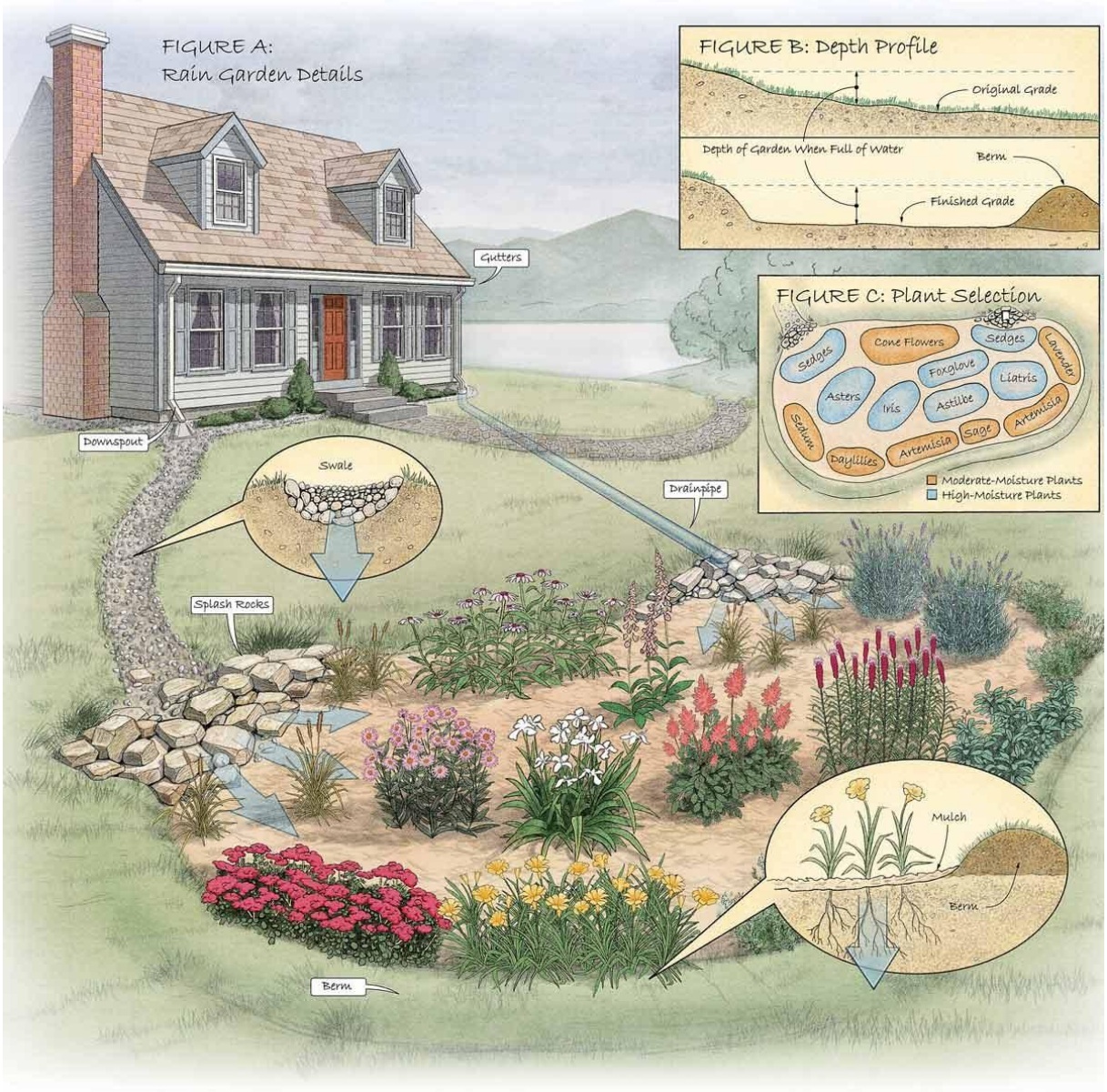
حدائق الأمطار:

إنشاء الحدائق المطريّة يُعد من أهم العناصر في نظم التصريف المستدامة، وغالبًا ما تكون في مكان منخفض داخل الساحة تُصرف إليه مياه الجريان السطحي (الأمطار).

[1] https://www.bauder.co.uk/technical-centre/design-considerations/blue-roof-design-considerations(01/02/2024).

وبموجب هذا النوع من الحدائق يتم تأسيس الحديقة المطريّة من خلال طبقات خاصّة من التربة على أن تكون فيها نسبة الرمل عالية وكذلك المواد العضوية من خلال الكومبوست (بعد إزالة حوالي 15–30 سم من التربة القديمة) لتغدو مُنخفضة أكثر من بقيّة المساحات كي تستوعب أكبر قدر من المياه الذي لا يلبث غالبًا أكثر من 48% منه ليتغلغل في أعماق التربة فيغذي المياه الجوفيّة بعد أن يكون قد تنقّى من 90% من المُلوثات[1].

الشكل رقم(07): رسم توضيحي لكيفية تصميم حدائق الأمطار



Source : https://www.wattan.net/ar/news/332669.html(01/02/2024).

[1] https://www.wattan.net/ar/news/332669.html(01/02/2024).

مواد الرصف المسامية:

تتمتع مواد الرصف المسامية والنافذة بالعديد من المزايا، حيث يمكن امتصاص مياه الأمطار في الأرض، وتتكون الأرصفة المسامية من مادة مسامية يمكن للمياه أن تمر من خلالها، حيث توفر الأرصفة القابلة للنفاذ العدي من الفوائد لعل أهمها إدارة مياه الأمطار، بالإضافة إلى تحسين جودة جريان المياه، وإستعادة إمدادات المياه الجوفية، يتم تصريف مياه الأمطار من خلال سطح الإسفلت المفتوح، ليتم إحتجازه مؤقتًا في فراغات الخزان الحجري السفلى، ثم يصرف ببطء إلى التربة غير المضغوطة أو الخزان الأرضي لاستعادة إمدادات المياه الجوفية في نهاية المطاف، من ناحية أخرى يعمل النشاط المصفى والميكروبي على تحلل الملوثات وتحسين جودة المياه[1].

الشكل رقم(08): طبقات الأرصفة الخرسانية المتشابكة النفاذة + الأرصفة الخرسانية المتشابكة النفاذة أثناء التعرض للماء

المصدر: أ .م .د /شريف السيد السعيد محمد: **مرجع سابق** ص.36.

[1] أ .م .د /شريف السيد السعيد محمد: **الرصف القابل للنفاذ كمدخل تطبيقي للحد من الأضرار الناجمة عن مياه الأمطار الغزيرة**، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية – المجلد السابع – العدد الرابع والثلاثون، يوليو2022 ، ص.36.